COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS,

AVEC LE CONCOURS
DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

TOME DEUX-CENT-TRENTE-NEUVIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1954.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, ÉDITEUR-IMPRIMEUR-LIBRAIRE

Quai des Grands-Augustins, 55.

1954

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 JUILLET 1954.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Joseph Pérès** signale à l'Académie la présence de M. **Alexandre Weinstein**, Professeur à l'Université de Maryland;

M. **Roger Heim** celle de MM. **André Koursanov**, Membre de l'Académie des Sciences de Moscou, **Pierre Youkovsky**, Membre de l'Académie des Sciences agricoles de l'U. R. S. S., et **Kiyoshi Kominami**, Directeur de l'Institut Nagao de Tokyo.

M. le Président leur souhaite la bienvenue et les invite à prendre part à la séance.

Au nom du Comité du **Centenaire de l'Industrie de l'Aluminium**, M. **Albert Caquot** remet à l'Académie, pour son Médaillier, une médaille en aluminium à l'effigie de Henri Sainte-Claire Deville, gravée par J. Martel.

HYDRAULIQUE. — *Oscillations superposées dans une chambre d'équilibre en l'absence de pertes de charge*. Note (*) de M. **Léopold Escande.**

L'intervention de manœuvres des régulateurs, se succédant sans amortissement préalable des oscillations, peut donner à celles-ci des amplitudes particulièrement dangereuses.

A propos d'un incident survenu dans une centrale, nous avons été conduit à examiner, de façon précise, le problème de la superposition des oscillations,

(*) Séance du 28 juin 1954.

sur lequel nous avions déjà attiré l'attention des exploitants d'usines hydro-électriques comportant une chambre d'équilibre ([1]).

Nous supposons les pertes de charge négligeables, la cheminée sans étranglement inférieur et les manœuvres instantanées : ouvertures totales faisant passer le débit de zéro à Q_0 ou fermetures complètes ramenant celui-ci de Q_0 à zéro.

1° A partir d'un état initial de repos, une ouverture à l'instant zéro, crée un régime d'oscillations du plan d'eau, autour du niveau statique, caractérisées par les équations suivantes, avec les notations classiques

$$Z = - Z_* \sin \omega t, \tag{1}$$

$$V = \frac{dZ}{dt} = - Z_* \omega \cos \omega t = - V_0 \cos \omega t, \tag{2}$$

$$W = W_0(1 - \cos \omega t). \tag{3}$$

2° Si une fermeture intervient à l'instant t_0, on trouve qu'elle substitue au régime précédent des oscillations définies par les relations suivantes, pour $t > t_0$

$$Z = - 2Z_{1*} \sin \frac{\omega t_0}{2} \sin\left(\omega t - \frac{\omega t_0}{2} + \frac{\pi}{2}\right), \tag{4}$$

$$V = - 2V_0 \sin \frac{\omega t_0}{2} \cos\left(\omega t - \frac{\omega t_0}{2} + \frac{\pi}{2}\right), \tag{5}$$

$$W = - 2 W_0 \sin \frac{\omega t_0}{2} \cos\left(\omega t - \frac{\omega t_0}{2} + \frac{\pi}{2}\right). \tag{6}$$

Les amplitudes de Z, V, W sont proportionnelles à $\sin(\omega t_0/2)$; nulles pour $t_0 = T$, ce qui supprime les oscillations initiales, elles sont maxima et égales à

$$2Z_*, \quad 2V_0, \quad 2W_0,$$

c'est-à-dire au double de leur valeur initiale, pour $t_0 = T/2$.

Si l'on prend comme nouvelle origine du temps $T/2$, en posant

$$t = t' + \frac{T}{2},$$

on a, dans ce dernier cas, que nous allons étudier en détail :

$$Z = 2 Z_* \sin \omega t', \tag{4'}$$

$$V = 2 V_0 \cos \omega t', \tag{5'}$$

$$W = 2 W_0 \cos \omega t'. \tag{6'}$$

3° Si une ouverture se produit à l'instant $t' = T/2$ (ou $t = T$) ; le calcul fournit les expressions suivantes, pour $t' > T/2$:

$$Z = 3Z_* \sin \omega t' = - 3Z_* \sin \omega t'', \tag{7}$$

$$V = 3V_0 \cos \omega t' = - 3V_0 \cos \omega t'', \tag{8}$$

$$W = W_0 + 3W_0 \cos \omega t' = W_0 - 3W_0 \cos \omega t'' \tag{9}$$

([1]) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 656.

avec

$$t'' = t' - \frac{T}{2} = t - T.$$

4° Une fermeture intervenant à l'instant $t'' = (T/2)$ [ou $t = (3T/2)$] donne à Z, V, W les nouvelles valeurs suivantes, pour $t'' > (T/2)$:

(10) $$Z = -4 Z_* \sin \omega t'' = 4 Z_* \sin \omega t''',$$

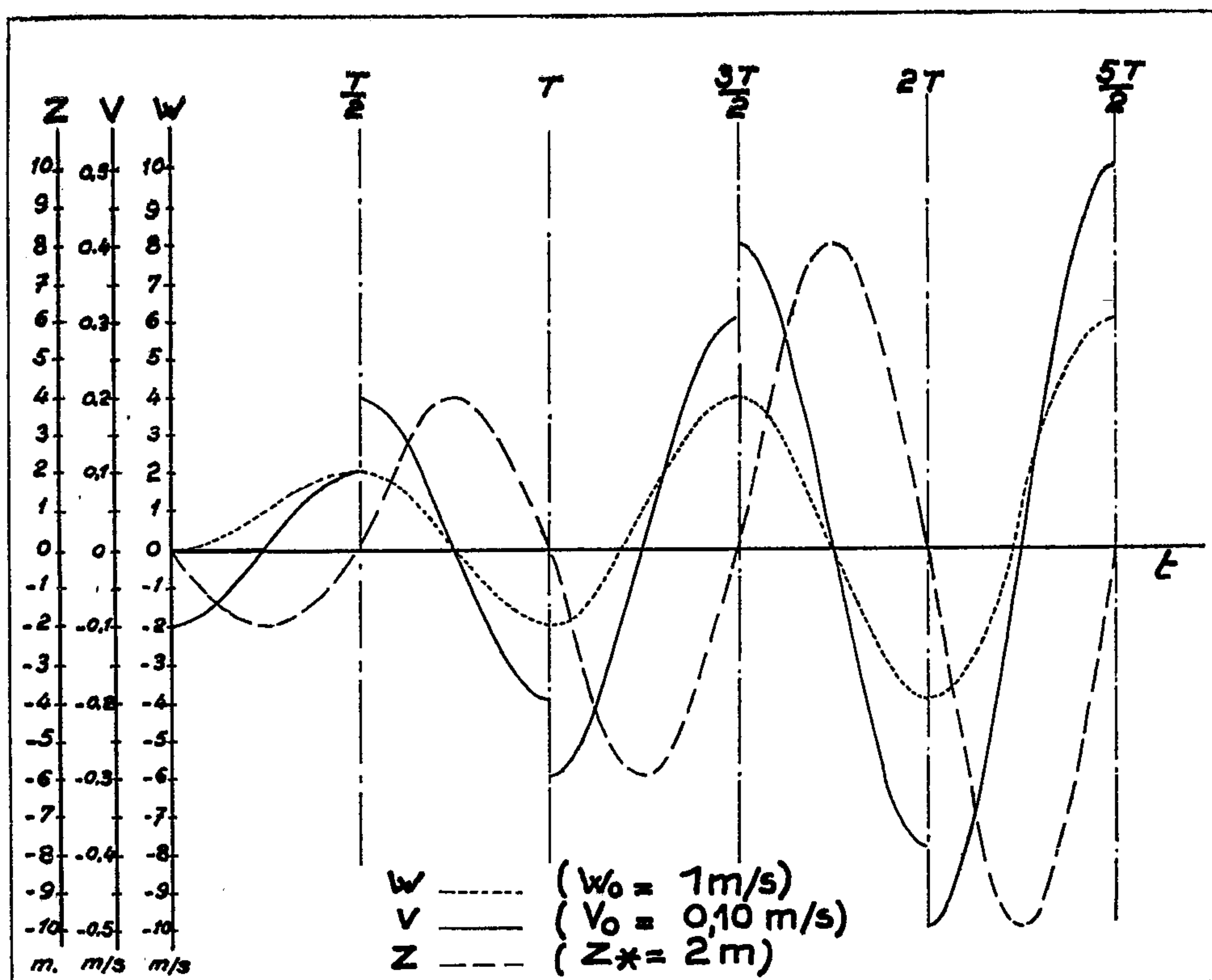
(11) $$V = -4 V_0 \cos \omega t'' = 4 V_0 \cos \omega t''',$$

(12) $$W = -4 W_0 \cos \omega t'' = 4 W_0 \cos \omega t'''.$$

avec

$$t''' = t'' - \frac{T}{2} = t - \frac{3T}{2}.$$

5° On voit que, si les manœuvres de fermeture et d'ouverture se succèdent ainsi, au rythme de résonance adopté et avec le déphasage précisé à propos de la seconde manœuvre, les amplitudes des oscillations croissent sans fin, théoriquement, les courbes représentatives étant données par la figure.



Ce résultat ne demeure évidemment valable que dans la mesure où les oscillations sont insuffisantes pour provoquer un déversement au sommet de la cheminée ou une entrée d'air dans le canal en admettant également que les

pertes de charge demeurent négligeables, malgré les valeurs accrues de la vitesse W.

6° Si l'on intervertit l'ordre des manœuvres, en partant d'un régime permanent initial de débit Q_0, interrompu à l'instant zéro par une fermeture, suivie d'une succession d'ouvertures et de fermetures alternées, décalées d'une demi-période l'une par rapport à l'autre, on obtient des valeurs entièrement symétriques des précédentes.

Conclusion. — Les résultats précédents sont établis en négligeant l'important facteur d'amortissement que constituent les pertes de charges dans le canal d'amenée et, lorsqu'un tel dispositif existe, l'étranglement placé à la base de la chambre d'équilibre. Ils soulignent toutefois le danger que peut faire courir à l'ouvrage la simple succession de deux manœuvres instantanées, dans les conditions précisées par notre étude, ainsi que les conséquences extrêmement graves d'une série de manœuvres effectuées en résonance avec la période du système canal d'amenée chambre d'équilibre.

MAGNÉTISME. — *Sur l'interprétation des propriétés magnétiques des ferrites de terres rares.* Note (*) de M. **Louis Néel**.

On interprète les propriétés magnétiques des ferrites de terres rares par la méthode du champ moléculaire en décomposant le réseau principal en un sous-réseau ferrimagnétique des ions de fer faiblement couplé à un sous-réseau paramagnétique des ions de terre rare. A très basse température, le sous-réseau paramagnétique devient probablement à son tour ferrimagnétique.

Les ferrites de terres rares découverts récemment ([1]) et étudiés ([2]) par H. Forestier et G. Guiot-Guillain possèdent des propriétés magnétiques extrêmement curieuses et compliquées dont l'analyse plus approfondie vient d'être reprise, en ce qui concerne le ferrite de gadolinium, par R. Pauthenet et P. Blum ([3]).

Nous nous proposons de montrer qu'on peut interpréter ces propriétés en divisant le réseau des ions magnétiques (Fe^{+++} et M^{+++} où M est l'ion de terre rare) en deux sous-réseaux primaires, l'un A relatif aux ions Fe, l'autre B relatif aux ions M. Nous examinerons d'abord séparément les propriétés de chacun de ces sous-réseaux, supposé isolé de l'autre, puis nous introduirons un couplage entre A et B sous la forme d'un champ moléculaire. Les aimantations seront toujours rapportées à la molécule-gramme $Fe_2O_3M_2O_3$. Les notations des points de transformation sont celles de Pauthenet et Blum ([3]).

(*) Séance du 28 juin 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1844.

([2]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 48.

([3]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 33.

En ce qui concerne le sous-réseau primaire A, nous le supposons divisé, au-dessous d'un point de Curie ferromagnétique θ_f, en deux sous-réseaux secondaires A′ et A″ à aimantations spontanées antiparallèles, un peu différentes l'une de l'autre, de manière à donner naissance à un ferrimagnétisme, voisin de l'antiferromagnétisme parfait. L'aimantation J de A dans un champ H s'écrit dans ces conditions :

$$J = \sigma_A + aH.$$

La susceptibilité a est très voisine de celle qui correspond à un arrangement antiferromagnétique parfait des ions Fe, supposé réalisé avec les mêmes interactions : il s'agit plus précisément de la susceptibilité mesurée parallèlement à la direction d'antiferromagnétisme, puisque celle-ci est automatiquement alignée suivant la direction du champ H, sous l'action de H sur σ_A. Il en résulte que a, d'abord nul au zéro absolu ([4]), commence par croître jusqu'au point de Curie θ_f, puis décroît au delà en obéissant à une loi de Curie-Weiss.

D'après la théorie du ferrimagnétisme ([5]), la variation thermique de l'aimantation spontanée σ_A peut appartenir soit au type Q caractéristique des ferromagnétiques normaux, soit au type N caractérisé par l'existence d'une température θ_c dite température de compensation à laquelle σ_A s'annule en changeant de signe, soit au type P pour lequel σ_A commence par croître et passe par un maximum avant de disparaître au point θ_f. Il faut d'ailleurs remarquer que les types N ou P n'apparaissent que pour des ferrimagnétiques, voisins de l'antiferromagnétisme, comme le montre la théorie, aussi bien que les expériences de E. W. Gorter ([6]).

Considérons maintenant le sous-réseau primaire B; nous le considérons comme paramagnétique avec une susceptibilité b donnée par

$$b = \frac{C}{T - nC}, \tag{1}$$

où C est la constante de Curie moléculaire de deux ions M (15,76 pour M = Gd) et n un coefficient de champ moléculaire, probablement petit, qui représente les interactions M — M, à l'intérieur de B.

Introduisons finalement les interactions entre A et B par un champ moléculaire de coefficient m. Les aimantations J_A et J_B de A et B deviennent alors :

$$J_A = \sigma_A + a(H + mJ_B),$$
$$J_B = b(H + mJ_A).$$

L'aimantation résultante $J = J_A + J_B$ prend la forme

$$J = \sigma_s + \chi_s H, \tag{2}$$

([4]) F. Bitter, *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 79.

([5]) L. Néel, *Ann. Phys.*, 3, 1948, p. 137.

([6]) *Thèse*, Leyden, 1954, à paraître dans *Philips Research Reports*.

où l'aimantation spontanée σ_s et la susceptibilité χ_s sont données par les formules

$$\sigma_s = \sigma_A \frac{1 + bm}{1 - abm^2}, \tag{3a}$$

$$\chi_s = b + \frac{a(1 + bm)^2}{1 - abm^2}. \tag{3b}$$

La formule (3 *a*) montre que σ_s s'annule d'abord aux mêmes points que σ_A, c'est-à-dire à θ_f et éventuellement à θ_c, mais aussi, si m est négatif, à la température θ'_c correspondant à $1 + bm = 0$. Cette température θ'_c est aussi une température de compensation : elle correspond au moment où les ions Fe induisent dans les ions M une aimantation exactement égale et opposée à la leur.

Les formules (2) et (3) peuvent constituer les bases de l'interprétation des propriétés magnétiques des ferrites de terres rares. Il faut admettre pour cela que la variation thermique de l'aimantation spontanée σ_A du sous-réseau A appartient au type N et que les deux températures caractéristiques θ_c et θ_f correspondantes doivent être identifiées avec les deux températures θ_1 et θ_2 de Forestier et Guiot-Guillain ([2]), ([7]). Ces deux auteurs ont montré que θ_1 et θ_2 variaient très régulièrement avec le diamètre ionique de M et ne dépendaient visiblement pas des propriétés magnétiques des ions M : ces faits s'interprètent aisément dans le cadre de notre hypothèse puisque les causes de variation de θ_1 et de θ_2 sont alors les variations du paramètre du réseau et non pas la nature de M. De plus, comme θ_1 est une température de compensation, aucune aimantation thermorémanente ne doit lui être attachée conformément aux résultats expérimentaux.

Le point θ_3 de $Fe_2O_3 . Gd_2O_3$, situé ([3]) à 306°K, doit être identifié avec le point θ_c. On en déduit, si n est négligeable, la valeur $m = -20$. Il résulte de cette interprétation qu'une aimantation rémanente préalablement communiquée au ferrite doit changer de sens quand, dans un champ nul, la température traverse θ_3. Ce phénomène n'a pas été observé avec le ferrite de gadolinium, probablement à cause d'inhomogénéités, mais MM. Guiot-Guillain et Forestier m'ont signalé qu'ils avaient observé une telle inversion dans le ferrite de dysprosium de propriétés voisines. La formule (3 *a*) montre que σ_s varie en dessous de θ_3, à peu près comme $1/T$, conformément aux résultats expérimentaux.

D'après (3*b*), χ_s s'obtient en ajoutant un terme correctif à la susceptibilité b des ions M supposés non couplés avec les ions Fe. Lorsque a est petit, on obtient aux basses températures la formule approchée

$$\chi_s = \frac{C}{T - C(n + am^2)} + \ldots.$$

([7]) G. Guiot-Guillain, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1554.

Cette loi de Curie-Weiss représente bien les résultats expérimentaux; le point de Curie θ_5 est situé à — 8°K, pour M = Gd, d'où l'on déduit $n = -0,5$, en négligeant am^2 devant n, ce qui est légitime, puisque a tend vers zéro au zéro absolu comme nous l'avons vu plus haut.

Comme n est négatif, il faut s'attendre à ce qu'aux très basses températures le sous-réseau primaire B se fragmente lui aussi en deux sous-réseaux secondaires B′ et B″ aimantés en sens inverse. Comme les sous-réseaux A′ et A″ sont légèrement dissymétriques, il doit en être de même pour les deux sous-réseaux B′ et B″ de sorte que les ions Gd seraient alors légèrement ferrimagnétiques. Dans ces conditions, les deux directions d'antiferromagnétisme des réseaux A et B doivent s'aligner parallèlement au champ appliqué de sorte que la susceptibilité doit tendre vers zéro vers le zéro absolu, conformément aux résultats de l'expérience. Dans cette interprétation, la température θ_4 est le point de Curie du réseau ferrimagnétique des ions Gd : il est situé entre 4 et 14° K. On pourrait aussi supposer que B′ et B″ forment un réseau antiferromagnétique parfait mais cette hypothèse ne permet pas d'expliquer aussi bien que la précédente le fait que la susceptibilité à 4° K est au moins cinq fois plus petite qu'à 14° K, selon Pauthenet et Blum.

Pour conclure, il semble bien que le schéma proposé donne une interprétation d'ensemble assez satisfaisante des propriétés magnétiques du ferrite de gadolinium. Il reste à savoir pourquoi les ions Fe, et peut-être aussi à plus basse température les ions Gd, adoptent un arrangement légèrement ferrimagnétique plutôt qu'un arrangement antiferromagnétique parfait. S'agit-il d'un défaut du réseau ou d'une propriété spécifique de celui-ci? La question est ouverte et se pose également ([8]) à propos des propriétés magnétiques de $Fe_2O_3\alpha$: on ne saurait lui donner une réponse précise avant de connaître beaucoup mieux que maintenant la structure cristalline de ces ferrites de terres rares : on sait seulement qu'elle se rattache à la structure des pérovskites ([9]).

PHYSIOLOGIE. — *Effets de l'hypoxie associée à une hypercapnie modérée sur les facultés intellectuelles de l'Homme.* Note (*) de MM. **Léon Binet**, **Maurice V. Strumza** et **Jacques Lévy.**

L'hypoxie modérée entraîne une perturbation manifeste des facultés intellectuelles de l'Homme normal, mais une rapide adaptation survient pour des taux d'oxygène égaux ou supérieurs à 16,4 % dans l'air inhalé, à la pression

([8]) L. Néel et R. Pauthenet, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2172; L. Néel, *Ann. Phys.*, 4, 1949, p. 249.

([9]) G. Guiot-Guillain, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1832.

(*) Séance du 28 juin 1954.

atmosphérique (¹). Nous nous sommes proposés d'explorer les mêmes réactions intellectuelles, lors d'une sous-oxygénation un peu plus accentuée, associée à une élévation du taux du CO_2 dans le mélange gazeux inhalé.

La technique utilisée est celle que nous avons décrite précédemment (¹) : de jeunes médecins ou étudiants en médecine en fin de scolarité, des deux sexes, sont explorés du point de vue intellectuel, à l'aide du test n° 2 de Mme H. Pieron. Ce test pour adultes cultivés, exécuté en 90 mn, permet d'évaluer la compréhension, l'invention, le bon-sens, le sens critique, l'intelligence logique, l'intelligence numérique et enfin l'efficience totale. Dans un second temps, les sujets de même type d'intelligence et de valeur numérique équivalente étant appariés, chaque couple exécute deux autres tests d'intelligence, antérieurement décrits, pendant l'inhalation, à l'aide d'un masque à soupapes, d'air normal pour un des sujets, d'air ne contenant que 14,5 % d'oxygène et enrichi de 1 % de CO_2, pour l'autre sujet. Les gaz inhalés sont dans les deux cas à la pression atmosphérique (courbes).

Le test de Spearman est commencé 5 mn après le début de l'inhalation et après lecture des explications concernant son exécution. Sa durée est limitée à 6 mn. Après un repos de 5 mn pendant lesquelles l'inhalation des mélanges gazeux choisis n'est pas interrompue, le second test, celui de Faverges, d'une durée de 25 mn, est commencé.

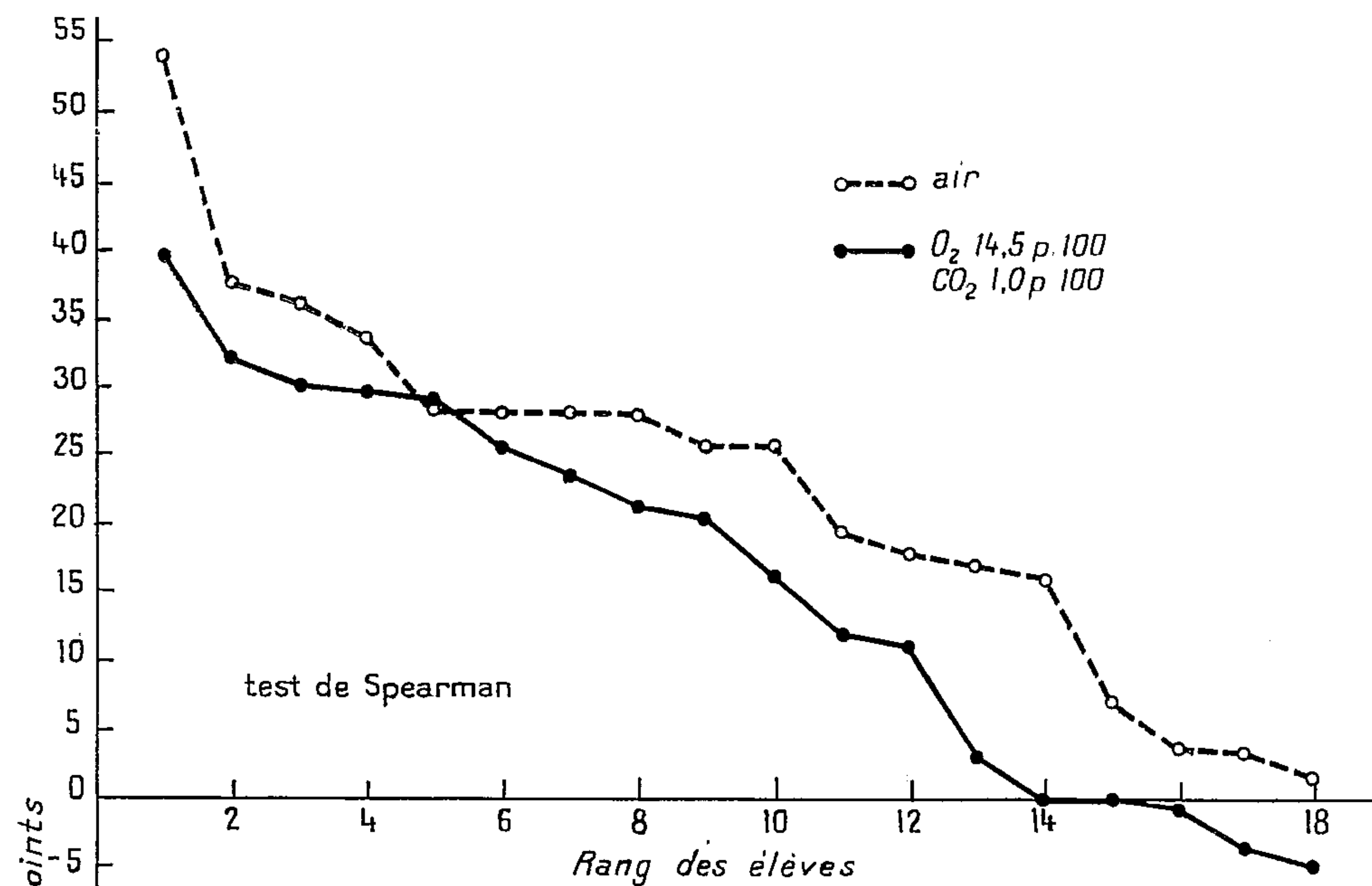
De la 5e à la 11e minute de l'inhalation de l'atmosphère appauvrie en oxygène et enrichie en gaz carbonique, une légère perturbation intellectuelle est objectivée par le test de Spearman. Les 18 sujets qui respirent cette atmosphère artificielle, fournissent un nombre moyen de points de $15,75 \pm 3,21$. Le nombre des points correspondant aux réponses correctes est réduit : $19,50 \pm 2,94$ au lieu de $25,22 \pm 3,28$ chez les témoins. De plus les pénalisations pour les erreurs et les omissions sont augmentées : $2,22 \pm 0,59$ points pour les erreurs, contre $1,33 \pm 0,44$ points chez les témoins; les omissions entraînent la perte de $1,53 \pm 0,39$ points en moyenne contre $1,16 \pm 0,30$ points à l'air. Pour certains sujets la somme des pénalisations pour les erreurs et les omissions est supérieure à celle des réponses bonnes : le résultat final devient dans ces cas négatif.

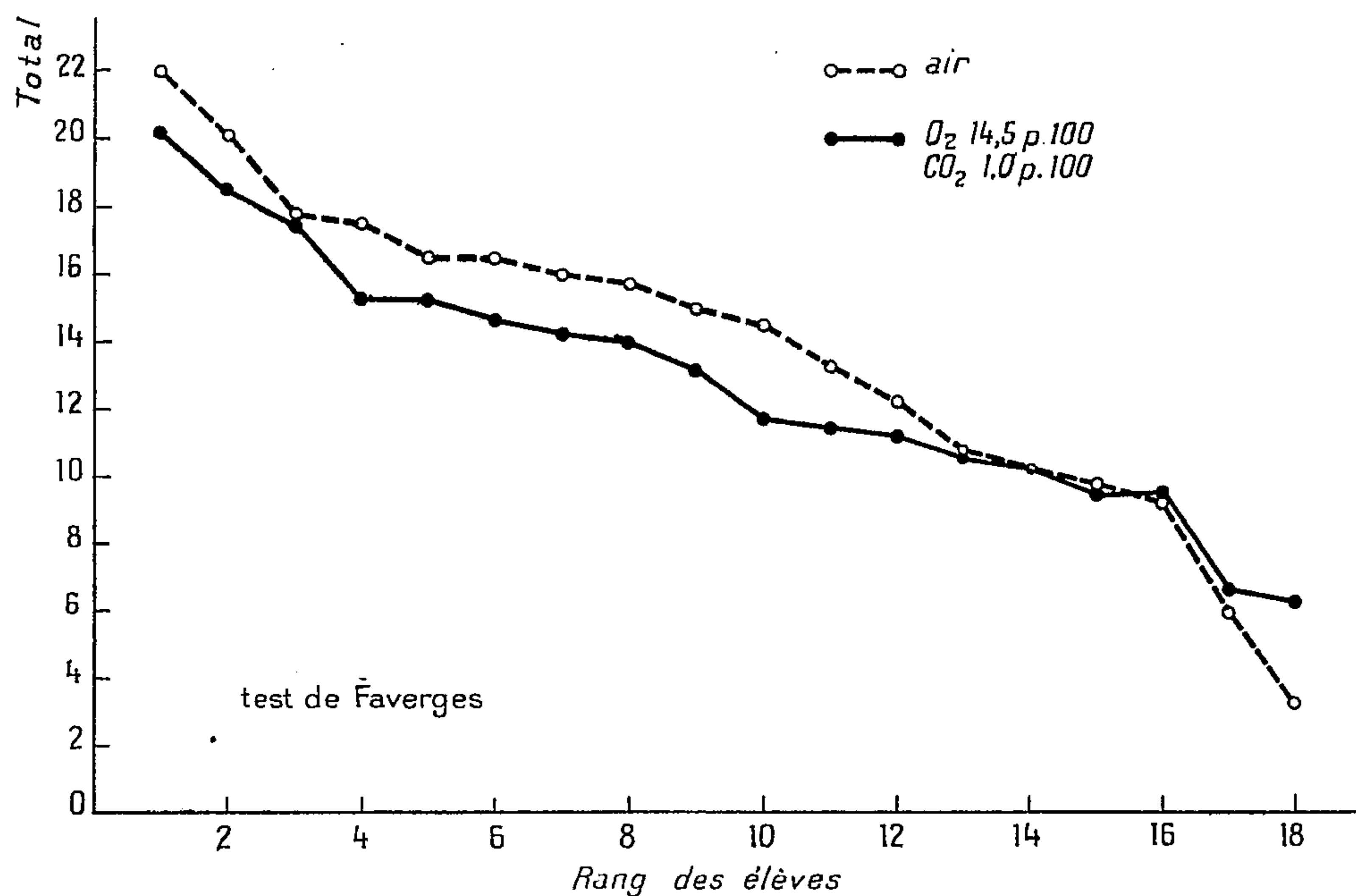
Il convient de remarquer que les différences de points traduisant cette perturbation intellectuelle n'est pas statistiquement significative : entre les résultats finaux du test, $22,73 \pm 3,21$ à l'air et $15,75 \pm 3,35$ avec le mélange gazeux, $t = 1,56$. Le trouble intellectuel est donc faible ou même nul.

Le test de Faverges, exécuté de la 16e à la 41e minute de l'inhalation du mélange sous-oxygéné et enrichi en gaz carbonique, met en évidence une adaptation à ces nouvelles conditions expérimentales, adaptation que nous

(¹) L. Binet, M. V. Strumza et J. Lévy, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1527; 235, 1952, p. 219.

avons déjà signalée avec les mélanges gazeux contenant 18,2 et 16,4 % d'oxygène, sans excès de CO_2. La moyenne du total des points obtenus est de $13,66 \pm 1,13$ à l'air et $12,76 - 0,91$ avec 14,5 % d'oxygène et 1 % de CO_2.





Total des points aux tests d'intelligence selon que les sujets respirent de l'air ou un mélange gazeux sous-oxygéné et enrichi en CO_2. 5e à 11e mn (Spearman); 16e à 41e mn (Faverges).

Si le résultat semble être un peu meilleur à l'air, la différence n'est pas statistiquement significative : $t = 0,74$.

Comparant les résultats obtenus au test de Spearman pendant les premières minutes de l'inhalation du mélange à 16 % d'oxygène, $12,54 \pm 3,29$ points, et ceux obtenus avec 14,5 % d'oxygène plus 1 % de CO_2, nous trouvons qu'ils sont moins mauvais avec ce dernier mélange, quoique la sous-oxygénation soit plus accentuée. Il est certain que les sujets des deux séries expérimentales n'étant pas appariés, quelques-uns d'entre eux présentent des caractéristiques intellectuelles qualitatives et quantitatives différentes. Néanmoins ces divergences paraissent négligeables puisque les séries témoins, dans les deux groupes d'expériences ont donné, avec le test de Spearman, des résultats très voisins : $22,46 \pm 2,85$ et $22,73 \pm 3,21$ points.

Ainsi la confrontation des deux séries expérimentales permet de conclure que la présence de 1 % de gaz carbonique dans une atmosphère ne contenant que 14,5 % d'oxygène, non seulement n'augmente pas la perturbation intellectuelle de courte durée liée à l'hypoxie, mais pourrait être un élément favorable au maintien de l'activité intellectuelle, tout au moins lorsque la durée totale de l'épreuve est de l'ordre de trois quarts d'heure.

ENDOCRINOLOGIE. — *Sur les propriétés biologiques des allénolates de désoxycorticostérone.* Note de MM. **Robert Courrier** et **Alain Horeau.**

On peut réaliser au moyen de la désoxycorticostérone le dédoublement de l'acide diméthyl-éthyl-allénolique racémique, et obtenir deux esters dont les propriétés sont très différentes. L'ester de l'acide gauche est de beaucoup le plus actif et révèle une fonction œstrogène; la fonction progestative provenant de la désoxycorticostérone est neutralisée.

L'acide $\alpha.\alpha$-diméthyl-β-éthyl-allénolique est un œstrogène artificiel qui a été synthétisé et étudié dans notre laboratoire [1]. Ce corps racémique a pu être dédoublé par la quinine et l'éphédrine en ses composants dextrogyre et lévogyre [2]. Nous avons mesuré le pouvoir œstrogène de ces deux stéréoisomères : sur le vagin de la Ratte castrée, l'activité de l'acide lévogyre est de trois à quatre fois plus grande que celle de l'isomère dextrogyre.

Il semblait intéressant de tenter la préparation d'un allénolate de désoxycorticostérone de façon à réunir dans une même molécule les fonctions œstrogène et progestative. Cette préparation peut être effectuée en faisant agir le chlorure d'acide racémique, en solution dans la pyridine sèche, sur la désoxycorticostérone. On recueille alors d'un seul coup un produit cristallisé (F 224°),

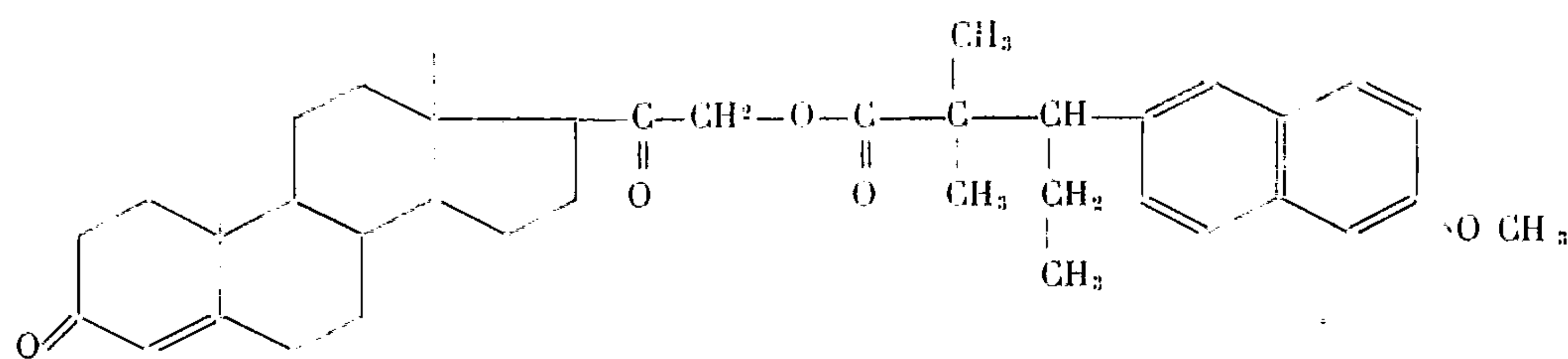
(1) R. Courrier, A. Horeau et J. Jacques, *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 159.

(2) J. Jacques et A. Horeau, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 301.

insoluble dans l'alcool bouillant : c'est l'ester de désoxycorticostérone de l'acide *d*-allénolique. Dans les eaux mères alcooliques, on peut aussi isoler l'ester de désoxycorticostérone de l'acide *l*-allénolique (F 153°), soluble dans l'alcool chaud.

L'identité de ces produits ne fait pas de doute. On obtient en effet les mêmes substances, avec des rendements à peu près doublés, en utilisant le chlorure de l'acide *d*-allénolique d'une part, et celui de l'acide *l*-allénolique d'autre part.

La désoxycorticostérone permet donc de réaliser, avec la plus grande facilité, le dédoublement de l'acide allénolique, et l'on est en présence de deux produits très différents par leur solubilité et leur point de fusion.



(I)
α.α- diméthyl β-éthylallénolate de désoxycorticostérone.

Nous avons étudié les propriétés biologiques de ces deux allénolates avec l'aide de M[me] A. R. Colonge.

Sur le vagin de la *Ratte castrée*, l'ester de l'acide gauche, à la dose de 5 mg par jour, provoque la kératinisation chez tous les animaux à partir du quatrième jour. Dans les mêmes conditions, l'ester de l'acide droit détermine une kératinisation moins complète et plus tardive. On retrouve ainsi, avec les esters, la différence d'action des acides libres droit et gauche.

Cette différence d'action est beaucoup plus manifeste chez la *Lapine castrée*. Chez celle-ci, en effet, l'ester de l'acide gauche, à la dose quotidienne de 30 mg pendant 7 jours, provoque l'hypertrophie de l'utérus, dont muqueuse et musculeuse se sont très développées : on réalise ainsi l'aspect caractéristique de la phase œstrale. Le vagin est lui-même en œstrus avec son épithélium simple, élevé et mucifié.

L'ester de l'acide droit, administré dans les mêmes conditions, n'exerce aucun effet appréciable sur l'utérus et le vagin; ces organes restent atrophiés malgré les fortes doses injectées.

On remarque donc chez la Lapine que seul l'ester de l'acide gauche révèle une fonction œstrogène, et que la fonction progestative de la molécule d'allénolate de désoxycorticostérone a été neutralisée dans les deux cas.

Nous avons voulu établir une comparaison entre ces actions et celles fournies par un mélange d'acide diméthyl-éthyl-allénolique racémique et de désoxycorticostérone, dans les proportions mêmes que donnerait l'hydrolyse de l'ester, pour les quantités injectées à la Ratte d'une part, et à la Lapine de l'autre.

Si l'on injecte chaque jour, à la Ratte castrée, 2,39 mg d'acide allénolique avec 2,76 mg de désoxycorticostérone, la kératinisation vaginale survient à partir du troisième jour (3).

Si l'on administre en trois injections quotidiennes, à la Lapine castrée, une dose journalière de 14,34 mg d'acide œstrogène racémique et de 16,52 mg de désoxycorticostérone, on constate la transformation œstrale de l'utérus après 7 jours de traitement : la fonction œstrogène de l'acide a dominé (4); la propriété progestative de la désoxycorticostérone a été neutralisée, car si l'on donne cette substance seule dans les mêmes conditions, la muqueuse utérine de la Lapine castrée subit une transformation progestative, et l'épithélium vaginal demeure au repos.

Enfin, nous avons administré, en même temps, et dans les mêmes conditions, à la Lapine castrée, l'acide dextrogyre et la désoxycorticostérone; nous avons alors provoqué l'hypertrophie utérine avec aspect œstral et non progestatif. La fonction œstrogène a encore dominé dans ce cas, alors que, comme nous l'avons dit, l'ester de l'acide droit n'exerce aucun effet appréciable : ni œstrogène, ni progestatif.

MÉCANIQUE STATISTIQUE. — *Sur un modèle de turbulence homogène isotrope.* Note (*) de MM. **Garrett Birkhoff** et **Joseph Kampé de Fériet.**

Nous construisons dans cette Note un modèle de turbulence homogène et isotrope, dont la statistique est conforme à la loi normale de Laplace-Gauss. Cette statistique est univoquement déterminée par la donnée d'un spectre d'énergie absolument continu, et possède la transitivité métrique.

1. Dans la théorie statistique de la turbulence (1), on considère le *champ des vitesses d'un fluide* comme une *fonction vectorielle aléatoire* du point x et du temps t. Les trois composantes de la vitesse sont donc des fonctions $u_j(x, t, \omega)$ définies sur un espace produit $X\times T\times\Omega$, Ω étant un espace de mesure (Ω, S, μ), tel que $\Omega\in S$ et $\mu(\Omega)=1$; on obtient un échantillon du champ des vitesses, défini sur $X\times T$, en choisissant un ω dans Ω, selon la loi de probabilité : $\text{Prob}[\omega\in E]=\mu(E)$, $E\in S$. Lorsque l'on se borne, comme nous le faisons ici,

(3) Un traitement identique détermine chez le Rat mâle l'involution testiculaire après une quinzaine de jours.

(4) Cependant, l'épithélium vaginal paraît parfois moins actif que chez l'animal qui reçoit l'acide allénolique seul.

(*) Séance du 28 juin 1954.

(1) Les notations et définitions sont celles de J. Kampé de Fériet, *Fonctions aléatoires et théorie statistique de la turbulence*, chap. XIV dans : A. Blanc-Lapierre et R. Fortet, *Théorie des fonctions aléatoires*, Paris, 1953.

aux propriétés *instantanées* du champ (pour un instant donné t), les fonctions aléatoires $u_j(x, \omega)$ sont simplement définies sur $X \times \Omega$.

2. Nos hypothèses sont les suivantes : *a*. Ω est l'ensemble (espace fonctionnel) de tous les champs de vitesses $[u_1(x), u_2(x), u_3(x)]$ définis dans l'espace euclidien X et continus; *b*. la turbulence est homogène et isotrope : la mesure μ est invariante pour le groupe des transformations euclidiennes; *c*. le fluide est incompressible : à travers la surface de toute sphère de X le flux du vecteur vitesse est nul, avec la probabilité 1.

3. L'intuition physique a conduit souvent à émettre l'hypothèse que la donnée du spectre d'énergie du champ des vitesses détermine complètement les propriétés statistiques de la turbulence, c'est-à-dire la mesure μ. D'autre part, des mesures expérimentales ont montré que la turbulence homogène et isotrope suit approximativement la loi normale ([2]). Or, en prenant comme postulat ce résultat expérimental, nous démontrons que la validité de l'hypothèse physique se trouve établie. D'une manière précise ([3]), *à chaque spectre d'énergie $\Phi(\chi)$ absolument continu correspond, dans Ω, une et une seule mesure homogène et isotrope μ définissant une statistique selon la loi normale.*

Pour établir l'unicité de μ, il est nécessaire de se restreindre à une classe, que nous appelons les mesures *admissibles* ([4]) : μ doit être une mesure de Lebesgue, pour laquelle le σ-anneau S des ensembles mesurables est engendré par les ensembles de la forme $\{\omega : [u_1(x_i), u_2(x_i), u_3(x_i)] \in A_i\}$, les x_i appartenant à un ensemble dénombrable dense dans X, les A_i à une base dénombrable d'intervalles de l'espace à trois dimensions. La démonstration de l'existence de μ (dont les détails et les généralisations seront publiés ailleurs) est basée sur la représentation des fonctions aléatoires stationnaires $u_j(x, \omega)$ par des *moyennes mobiles* ([5]) d'une mesure de Wiener :

$$u_j(x, \omega) = \int_X \gamma_j(x-y)\, d_y W(y, \omega), \qquad \gamma_j(x) \in L^2(X).$$

4. L'intuition physique a souvent conduit aussi à postuler que, dans la mécanique statistique de la turbulence, on peut échanger librement les moyennes spatiales et les moyennes statistiques. Nous avons établi que, effectivement, *la mesure μ, déterminée univoquement par le spectre absolument continu $\Phi(\chi)$,*

([2]) SIMMONS et SALTER (1938), F. FRENKIEL (1951), *voir* G. K. BATCHELOR, *The theory of homogeneous turbulence*, Cambridge University Press, 1953.

([3]) Un résultat analogue, moins précis mais légèrement plus général, a été établi par un raisonnement plus compliqué par G. BIRKHOFF, *Fourier synthesis of homogeneous turbulence* (*Comm. pure and appl. math.*, 1954).

([4]) Cette condition est pratiquement équivalente à la notion de séparabilité d'un processus stochastique telle qu'elle est définie par J. L. DOOB, *Stochastic processes*, New-York, 1953.

([5]) Pour les propriétés de ces moyennes mobiles, considérées par N. Wiener, E. Hopf, K. Karhunen, *voir* J. L. DOOB, *supra*.

possède la transitivité métrique. Ce résultat justifie l'équivalence, avec la probabilité 1, des moyennes spatiales calculées sur un échantillon dans l'espace X, et des moyennes statistiques de Gibbs, calculées sur l'ensemble Ω, pour un x donné. Il est intéressant de noter que la transitivité métrique disparaît pour une turbulence analogue, mais non isotrope, ayant un spectre discontinu composé d'un nombre fini de vecteurs fréquence.

5. Nous démontrons enfin que *la classe des mesures* μ *est invariante sous l'effet de la diffusion*. Soient $w_j(x, t, \omega)$ les solutions aléatoires de l'équation de la diffusion : $\partial u_j/\partial t = \Delta^2 w_j$ définies par les conditions initiales $w_j(x, 0, \omega) = u_j(x, \omega)$; si les u_j correspondent à la turbulence homogène isotrope, dont la statistique est conforme à la loi normale, déterminée par le spectre $\Phi(\chi)$, alors pour chaque $t > 0$ la mesure μ, correspondant aux $w_j(x, t, \omega)$, est celle qui est univoquement définie par le spectre $e^{-2\chi^2 t}\Phi(\chi)$.

M. **Waclaw Sierpinski** adresse en hommage à l'Académie un Ouvrage qu'il vient de publier dans les « *Lucknow University Studies* » intitulé : *On the congruence of sets and their equivalence by finite decomposition*.

M. **Jules Rouch** adresse en hommage à l'Académie son Ouvrage : *Les mers polaires*.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Paul Fallot** : *Formation des continents et progression de la vie*, par Henri et Geneviève Termier.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats au poste d'Astronome titulaire déclaré vacant à l'Observatoire de Paris.

(Renvoi à la Division des Sciences mathématiques.)

M. le **Secrétaire d'État a la Guerre** prie l'Académie de désigner un de ses Membres pour faire partie du Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique en remplacement de M. *Pierre Jolibois*, décédé.

L'Académie est invitée à se faire représenter à la Conférence qui aura lieu à Berne, en 1955, pour marquer le Cinquantenaire de la Découverte, par Albert Einstein, de la **Théorie de la Relativité**.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Étude critique de la notion de collectif*, par Jean Ville.

2° *Les principes fondamentaux du calcul des probabilités et la théorie de l'assurance-maladie*, par Jules Dubourdieu. Préface de Henri Galbrun.

3° Jean Lagrula, *Sur l'eustatisme et l'isostasie.*

4° *Laplace transforms for electrical engineers*, par B. J. Starkey.

5° Organisation des Nations Unies. *La Cartographie mondiale*. Vol. II, 1952.

6° *Carte géologique du Massif du Mont-Blanc (partie française)* à l'échelle du 1/20 000, par Paul Corbin et Nicolas Oulianoff. *Mont Blanc (Sommet)*.

ALGÈBRE. — *Une généralisation des matrices.*
Note de M. **Georges Kurepa**, présentée par M. Paul Montel.

On généralise la notion de matrice en accentuant le rôle d'ordre de matrices, celui-ci étant une paire ordonnée d'ensembles, d'espaces, de structures, etc. Il en résultera en particulier que la théorie des équations intégrales aussi bien que celle des groupes se réduisent au calcul matriciel.

1. Soit (A, B) la paire ordonnée de deux structures (ensembles, espaces, etc.) A, B, distinctes ou non. Chaque transformation f de $A \times B$ sera dite une matrice d'ordre (A, B); par conséquent, si $(a, b) \in A \times B$, $f(a, b)$ est un ensemble pouvant se réduire à un point. C'est sur l'ordre et l'égalité d'ordres de matrices que nous mettrons un accent tout particulier. D'ordinaire, on exigera que A, B soient liés entre eux autant que possible; par exemple, si A, B sont ensembles de même puissance, on supposera que $A = B$; si A, B sont bien ordonnés, on supposera que A soit une portion initiale de B ou inversement; si A est une structure isomorphe à une partie de B, on demandera que $A \subseteq B$, etc. L'égalité de matrices, leurs somme et produit se définissent comme d'habitude toutes les fois qu'il est possible. Par exemple, f, g étant matrices d'ordre (A, C), (C', B) respectivement et où dans un certain sens $C = C'$, on définit le produit fg par $(fg)(ab) = f(ac)g(c'b)$; ici, le dernier terme signifie la sommation (somme où l'intégrale, etc.) relativement à $c \in C$, $c' \in C'$; le cas le plus simple est $C = C'$, $c = c'$. Dans le cas particulier où A, B sont espaces cartésiens, par exemple une portion de droite ou l'ensemble des nombres complexes, le signe $f(ac)g(c, b)$ sera le résultat de l'intégration par rapport à la variable $c \in C$. Chaque fonction f définie dans A peut être considérée comme une matrice d'ordre (A, 1) aussi bien que d'ordre (1, A). Ainsi la transformée de Fourier de f est le produit des matrices $(1/\sqrt{2\pi})\, e^{\alpha i x}$, f d'ordre (K, C_1), $(C_1, 1)$ respectivement (C_1 resp. K désigne l'ensemble des nombres réels resp. complexes). L'équation intégrale $u(x) = f(x) + \int_a^b K(x, t)\, u(t)\, dt$

peut s'écrire $u = f + Ku$; K est une matrice d'ordre ($[a, b]$, $[a, b]$). On conçoit ainsi qu'il n'y a rien de surprenant à ce qu'on ait remarqué des analogies entre la théorie des matrices et celle des équations intégrales (ou des opérateurs linéaires).

2. *Application aux groupes.* — Une matrice est dyadique si ses valeurs sont 0 ou 1. A chaque permutation d'un ensemble E, associons la matrice dyadique δ_π d'ordre (E, E) de telle manière que $\delta_\pi(x, y) = 1$ ou 0 suivant que $\pi(x) = y$ ou $\pi(x) \neq y$. Désignons par E ! l'ensemble de toutes les permutations de E; soit $\delta_{E!} = \{\delta_\pi \mid \pi \in E!\}$.

Théorème 1. — *$\delta_{E!}$ est un groupe multiplicatif isomorphe du groupe* E ! *des permutations de* E.

En effet, si $\pi_1, \pi_2 \in E!$ on définit le produit $\pi_2\pi_1$ de π_1, π_2 par

$$(\pi_2\pi_1)(x) = \pi_2(\pi_1(x)) \qquad (x \in E).$$

Or,

$$(\delta_{\pi_1}\delta_{\pi_2})(x, y) = \delta_{\pi_1}(x, c)\,\delta_{\pi_2}(c, y) = \delta_{\pi_1}(x, \pi_1(x)).\delta_{\pi_2}(\pi_1(x), y) = 0 \text{ ou } 1,$$

suivant que $y \neq \pi_2\pi_1(x)$ ou $y = \pi_2\pi_1(x)$. De même, $\delta_{\pi_2\pi_1}(x, y) = 0$ ou 1, suivant que $\pi_2\pi_1(x)\begin{cases} = y \\ \neq y \end{cases}$. Bref, $\delta_{\pi_1}\delta_{\pi_2} = \delta_{\pi_2\pi_1}$, ce qui prouve que la correspondance $\pi \to \delta_\pi (\pi \in E!)$ est bien une isomorphie entre les groupes E !, $\delta_{E!}$.

Théorème 2. — *Chaque groupe de permutations est représentable par un système de matrices dyadiques « quadratiques » ayant, dans chaque ligne et dans chaque colonne, une seule unité.*

Or, d'après un théorème de Cayley, chaque groupe est représentable comme un groupe de permutations, ce qui, combiné avec le théorème 2, entraîne le

Théorème 3. — *Chaque groupe* G *est représentable comme un groupe multiplicatif* H *de matrices dyadiques d'ordre* (G, G) *tel que chaque* $h \in H$ *contient une et une seule unité dans chacune de ses lignes et dans chacune de ses colonnes.*

3. L'opération d'addition et celle de multiplication dans les définitions précédentes peuvent avoir diverses significations, par exemple $\cup$, $\cap$ respectivement. Au fond, une matrice (de dimension 2) serait un triple ordonné d'une paire ordonnée de structures et de deux opérations binaires convenablement reliées.

4. D'une façon analogue, on définit des matrices de dimension supérieure à 2.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorèmes d'adhérence pour certaines séries de Dirichlet. Procédés d'extrapolation en Analyse fonctionnelle.* Note de M. **Paul Malliavin**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Détermination du comportement asymptotique d'une fonction méromorphe dans un demi-plan à partir de ses valeurs sur un ensemble d'unicité. Majoration des coefficients des séries de Dirichlet asymptotiques. Extrapolation des opérateurs sur un espace de Banach. Quasi-analyticité des opérateurs elliptiques et hyperboliques. Inégalités de convexité.

Cette Note est la suite de la Note précédente ([1]) dont les notations seront conservées.

4. *Ensemble d'unicité pour une classe de fonctions méromorphes.* — Soit $f(z)$ une fonction méromorphe satisfaisant à la majoration 2.1. Alors la connaissance de $f(z)$ sur toute suite Λ_1, telle que $U(M_n, [\lambda_1(r)-\lambda_2(r)]_.)$ soit satisfait, détermine $f(z)$ dans le demi-plan. En particulier le comportement asymptotique global de $f(z)$ est relié à son comportement asymptotique sur Λ_1 par l'énoncé suivant :

Posons $|f(1+iy)|<\beta_0/2$, $f(\lambda_q)<\beta_q$, $\lambda_q\in\Lambda_1$. (Λ_1 désignant une suite d'entiers pairs)

$$k(r)=\lambda_1(r)-\lambda_2(r), \qquad p(x)=\text{base convexe}\,[\lambda_q k(\lambda_q)-\log\beta_q].$$

Supposons que $\underline{\lim}\,(p(x)/x\log x)=d>0$. *Alors on a*

$$\log|f(z)|<xk(x)-p(x)+Bx+C \qquad \left(x>2,\ z\in\Omega_{\Lambda_2},\ |\arg z|\leqq\theta_0<\frac{\pi}{2}\right).$$

Transformé par dualité cet énoncé permet d'obtenir le résultat d'adhérence suivant sur les séries de Dirichlet asymptotiques, étendant dans une certaine mesure l'inégalité fondamentale de S. Mandelbrojt.

Soit $F(u)$ *une fonction holomorphe dans la demi-bande* $B_{v_0}=\{v>v_0,|tv|<(\pi/2)\}$ *telle que* $\left|F(u)-\sum_{\lambda_k<n}c_k e^{-\lambda_k u}\right|<\alpha^n M_n e^{-nv}$. *Supposons que* $U(M_n,[\log r-\lambda(r)]_.)$ *soit satisfaite et que* $1/2>D^0(\Lambda)=\overline{\lim}(\lambda(r)/2\log r)$. *Posons* $m(v_0)=\max|F(u)|(u\in B_{v_0})$. *Alors* $\log|c_k|<A+\log m(v_0)+\lambda_k(v_0+\delta)+\lambda_k(k(\lambda_k)-k_.(\lambda_k))$, δ *ne dépendant que de* Λ, A *dépendant de* Λ *et de* $\{M_n\}$.

Cet énoncé donne, en utilisant la méthode de S. Mandelbrojt, les extensions suivantes de résultats établis dans l'Ouvrage cité en ([2]) de la Note précédente :

Soit $F(u)$ *une fonction entière définie par une série de Dirichlet, absolument convergente dont les exposants* $\in\Lambda$, δ *désignent une bande de largeur* πl *avec* $l>D^0(\Lambda)$, *l'ordre* ρ_s *dans cette bande au sens de Ritt-Mandelbrojt est relié à l'ordre* ρ *dans le plan par*

$$\rho_s\geqq\frac{\rho}{1+2\rho[D^0(\Lambda)-D_0(\Lambda)]}, \qquad \text{où} \quad D_0(\Lambda)=\underline{\lim}\frac{\lambda(r)}{2\log r}.$$

On obtient l'énoncé analogue pour les fonctions ayant des singularités à distance finie :

$F(u)$ *étant donné par une série de Dirichlet ayant pour suite d'exposants* Λ, *d'abscisse de convergence* $\sigma_c(-\infty<\sigma_c<+\infty)$. *Posons*

$$D^*(\Lambda)=\text{borne inf}\{\alpha;\ 2\alpha\log r-\lambda(r)=[2\alpha\log r-\lambda(r)]+O(1)\}.$$

([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2481.

Alors il existe β_l, *ne dépendant que de* $l > D^*(\Lambda)$ *et de* Λ, *tel que dans tout rectangle construit sur l'axe de convergence absolue de côté* πl *et d'épaisseur* β_l *il existe une singularité de* $F(u)$.

5. *Procédés d'extrapolation en analyse fonctionnelle.* — Le procédé d'extrapolation utilisé en 2 s'étend naturellement aux opérateurs linéaires définis sur une variété dense dans un espace de Banach dont on étudiera la suite des itérés en prolongeant l'exposant des valeurs entières aux valeurs complexes contenues dans un demi-plan. Indiquons quelques-uns des énoncés que l'on obtient ainsi par l'application à la fonction extrapolante de 2.1.

5.1. THÉORÈME DE MÜNTZ. — *Soit a un élément d'une algèbre de Banach. Supposons que le spectre de a soit vu de l'origine* O *sous l'angle* $\theta_0 < 2\pi$ *et que*

$$\|(a-\lambda)^{-1}\| = O\left(\frac{1}{d}\right)$$

(*d désignant la distance de* λ *au spectre*). *Soit* Λ *une suite d'entiers telle que* $\lim(\lambda(r) - (\theta_0/\pi)\log r) = +\infty$. *Alors la variété linéaire engendrée par* $a^\lambda(\lambda \in \Lambda)$ *est dense dans l'algèbre engendrée par a.*

5.2 *Quasi-analycité du Laplacien.* — *Soit* Δ *le laplacien dans l'espace euclidien* X_l *à l dimensions; f(x) une fonction indéfiniment dérivable sur* X_l, *telle que* $\|\Delta^n f\|_2 < M_n$, $\Lambda_1 \ldots \Lambda_l$, *l suites d'entiers tels que les séries des inverses des entiers pairs et impairs contenues dans chacune de ces suites divergent. Nous associons à* $\lambda \in \prod_1^l \Lambda_i$ *l'opérateur de dérivation* $D_\lambda = p_1^{\lambda_1} p_l^{\lambda_l}$ *et une suite d'entiers* n_s^λ. *Supposons que* $(\Delta^{n_s^\lambda} D_\lambda f)_0 = 0$ *et que* $U\left(M_n, 2\sum_{<r}(1/n_s^\lambda)\right)$ *soit satisfait quel que soit* λ *alors* $f(x) = 0$.

D'autre part, si, indépendamment de toute majoration *a priori*, on utilise le fait que la norme de la fonction extrapolante est sous-harmonique, on obtient des résultats de convexité du type suivant :

5.3. *Soit a(p) un opérateur hyperbolique à coefficients constants, f(x) une fonction indéfiniment dérivable définie sur le cône de lumière* C_0, $m_n = \|a^n(p) f\|_2$, alors on a $m_s < m_0^{1-s/n} m_n^{s/n} e^{nq(s/n)}$ où $0 \leqq s \leqq n$ et

$$q(t) = -\int_0^t \log\left[\operatorname{tg}\frac{\pi}{2}\xi\right] d\xi \qquad (1 > t > 0).$$

Ce résultat peut s'énoncer sur la demi-droite dans $L_\infty(0, +\infty)$ sous la forme suivante analogue aux inégalités de Cartan-Gorny.

Soit $f(t) \in L_\infty(0, +\infty)$, *posons* $M_s = \|f^{(s)}(t)\|_\infty$, *alors on a*

$$M_s < C \log n \, e^{nq\left(\frac{s}{n}\right)} M_0^{1-\frac{s}{n}} M_n^{\frac{s}{n}},$$

où C *est une constante indépendante de s et de n.*

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Enveloppes d'une famille à $n-1$ paramètres de variétés de dimension $n-1$ dans un espace de dimension n.* Note (*) de M. **Pierre Boughon**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Soient k un corps de caractéristique p, quelconque, T_j, $(1 \leq j \leq n-1)$, $n-1$ indéterminées sur k.

Soient K une extension de k, Δ un domaine universel pour K; on suppose que K est parfait.

Toutes les variétés que l'on étudie sont dans Δ^n ou dans Δ^{2n-1}.

Définition. — Nous considérons ici une famille $\mathcal{F}$ de diviseurs à $n-1$ paramètres T_j, d'équation $F=0$, où $F \in k[T_1, \ldots, T_{n-1}][X_1, \ldots, X_n] = k[T][X]$ satisfaisant aux conditions suivantes :

a. F est irréductible sur $k[T_j]$;

b. $F \notin k[T_j][X_i^p]$;

c. quel que soit j, $(1 \leq j \leq n-1)$, $F \notin k[T_1, \ldots, T_j^p, \ldots, T_{n-1}][X_i]$.

L'équation $f=0$ du diviseur générique de $\mathcal{F}$, V_t est obtenue en remplaçant T_j par t_j dans l'équation $F=0$, les t_j étant algébriquement indépendants sur K.

Un diviseur de $\mathcal{F}$ est obtenu en spécialisant t en $t' \in K$.

Les précautions prises (K parfait et les conditions a, b, c) entraînent que le diviseur générique de $\mathcal{F}$ n'a pas de composantes multiples, que les $\partial f / \partial X_i$ ne sont pas tous nuls et qu'aucun des $\partial f / \partial T_j$ n'est nul.

Définition. — On appelle K-enveloppe $\mathcal{E}$ de la famille rationnelle de diviseurs $\mathcal{F}$ tout cycle rationnel sur K, dont toute composante irréductible E possède la propriété suivante : soit

$$\sum_{1}^{q} a_i . Y_i = E . V_t,$$

il existe un Y_i au moins, tel que E et V_t soient tangents en un point générique de Y_i sur $\overline{K(t_j)}$.

Recherche de l'enveloppe. — Raisonnons dans $A^{n+1} \times A'^n$, A et A' étant des espaces affines, les fonctions coordonnées dans A (resp. A') étant notées T_j (resp. X_i).

Soit V le diviseur d'équation $f(T_j, X_i) = 0$.

Cherchons s'il est possible de trouver $n-1$ diviseurs $W_s (1 \leq s \leq n-1)$, d'équation $g_s = 0$, avec $g_s \in k[T][X]$, tels que

$$B = pr_{A'}(W_1, \ldots, W_{n-1} . V)$$

soit défini et fasse partie de l'enveloppe.

(*) Séance du 28 juin 1954.

Nous soumettrons les W_s aux conditions supplémentaires suivantes :

A. Pour toute composante irréductible D^n du cycle $C = W_1, \ldots, W_{n-1}$:

$$pr_{A'} D^n = A^n.$$

B. La composante D a 1 pour coefficient dans C.

C. En un point générique de D les variétés linéaires tangentes aux W_j existent et sont transversales,

D, Soit P un point générique de A^{n-1} sur K; considérons le cycle $W_S.(P \times A')$ et soit $w_S = pr_{A'} W_S.(P \times A')$: V_t et w_S sont non tangents en presque tout point de leur cycle d'intersection.

Une enveloppe E si elle existe peut être définie par le procédé suivant :

Soit Y le cycle $E.V_t$; soit w_S^1 un diviseur, algébrique sur $k(t)$, contenant Y et par ailleurs soumis à la condition d'être non tangent à V_t en presque tout point de chaque composante de Y. Le diviseur w_S^1 peut n'être pas rationnel sur $k(t)$; mais le diviseur : $w_S = \sum w_S^i$ où les w_S^i forment un système complet de conjugués de w_S^1 sur $k(t)$ est rationnel sur $k(t)$ et est de la forme $pr_{A'} W_S.(P \times A')$, W_S étant défini d'une façon évidente (1).

Soit M un point générique d'une composante du cycle intersection des cycles :

$$V.(P \times A') \quad \text{et} \quad C. = W_1.W_2 \ldots W_{n-1}.$$

Une condition nécessaire et suffisante pour que M se projette sur A′ en un point générique de Y_i sur $\overline{K(t)}$ est que les variétés linéaires tangentes à ces deux cycles en M aient même projection sur A′.

Or une condition nécessaire et suffisante pour qu'il en soit ainsi est qu'il existe une partition de l'ensemble $(1, 2, \ldots, n-1)$ en deux sous-ensembles G et H tels que :

α. la variété linéaire tangente au cycle : $W_{a_1} \ldots W_{a_g}$ où $a_i \in G (1 \leqq i \leqq g)$ ait pour équation : $T_{a_i} - t_{a_i} = 0$;

β. la variété linéaire tangente aux diviseurs $W_{b_j} (b_j \in H)$ au point M est parallèle à T_{b_j}.

On notera que G est nécessairement vide en caractéristique zéro, sauf peut-être dans des cas triviaux.

Appliquons ceci au cas où $n = 3$.

On obtient alors les enveloppes de la famille de diviseurs d'équation $f(t_1, t_2, X_1, X_2, X_3) = 0$ en éliminant t_1 et t_2 entre les équations de l'un des groupes suivants :

(1°) $f = 0, \quad f_{t_1} = 0, \quad f_{t_2} = 0;$

(2°) $f = 0, \quad f_{t_1} = 0, \quad g_2 = 0,$ avec $g_2 \in k[t_2][X_1^p, X_2^p, X_3^p]$;

(3°) $f = 0, \quad f_{t_2} = 0, \quad g_1 = 0,$ avec $g_1 \in k[t_1][X_1^p, X_2^p, X_3^p]$;

(4°) $f = 0, \quad g_1 = 0, \quad g_2 = 0,$

(1) WEIL, *Foundations of Algebraic Geometry*, chap. VII, th. XII.

avec

$$g_1 \in k[t_1, t_2][X_1^p, X_2^p, X_3^p] \qquad \text{et} \qquad g_2 \in k[t_1, t_2][X_1^p, X_2^p, X_3^p],$$

sous réserve que les conditions A, B, C, D soient satisfaites.

L'exemple de la famille de plans d'équation :

$$f = t_1 X_1 + t_2 X_2 + t_3 X_3 = 0$$

qui ne sont pas tangents à la surface d'équation $X_2^{p+1} + X_3 = 0$ obtenue par élimination de t_1 et t_2 entre les équations :

$$f = 0, \qquad f_{t_1} = 0, \qquad g_2 = t_2 - X_2^p = 0$$

souligne, en particulier, la nécessité de la condition A.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Variation de l'influence des gaz adsorbés sur la résistance mécanique des fils métalliques en fonction de leur diamètre.* Note de M. **Auguste Clauss**, présentée par M. Pierre Chevenard.

La diminution de la résistance à la traction de fils métalliques dépend non seulement de la nature du gaz en présence, mais encore du diamètre des fils considérés. Cet effet est lié à l'adsorption des gaz sur le réseau cristallin superficiel et augmente lorsque le diamètre des fils diminue.

La mise en évidence d'une variation de la charge de rupture à la traction de fils fins, suivant la nature du gaz en présence ([1]), nous a incité à poursuivre cette étude et à l'envisager d'un point de vue différent. En effet, le phénomène paraissant lié à un relâchement des liaisons du réseau cristallin superficiel, il nous a paru intéressant de l'étudier en fonction du diamètre des fils. Ceci revient à faire varier le rapport de la surface des fils à leur section, variation qui devrait se retrouver dans l'effet observé.

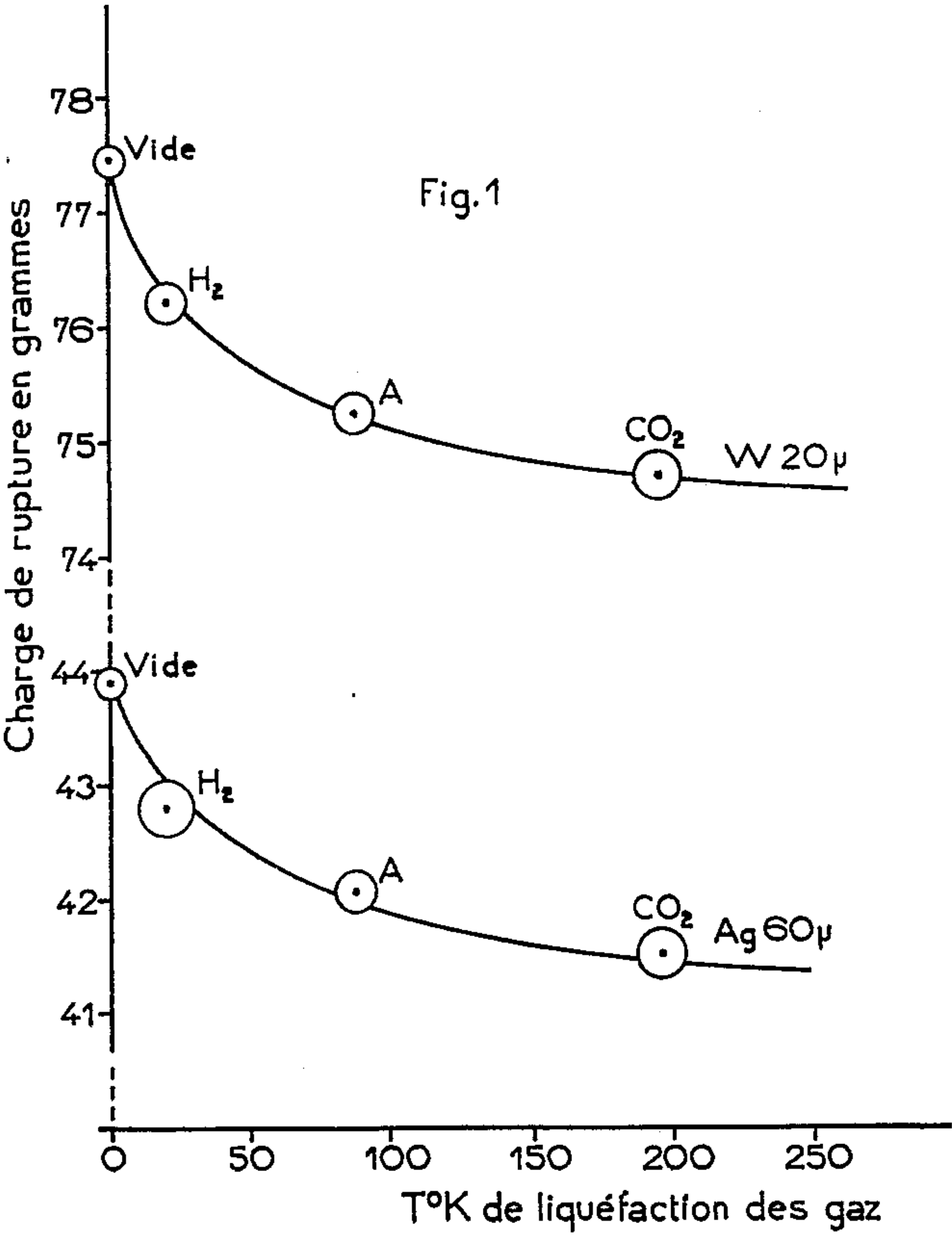
Les essais ont été effectués avec des fils d'argent et de tungstène ayant pour diamètres respectifs 30, 40, 50, 60, 100, 200 μ et 20, 30, 50, 100 μ. Ces fils, d'une longueur de 40 mm, sont dégazés par effet Joule dans un vide de 10^{-5} mm Hg, pendant 10 minutes, à des températures d'environ 300° C pour l'argent, 600° C pour le tungstène, puis refroidis à température ordinaire. Les ressorts de l'appareil de traction, le même que celui qui a été utilisé précédemment, ont été déterminés de manière que la rupture se produise après une durée de traction d'environ 60 secondes.

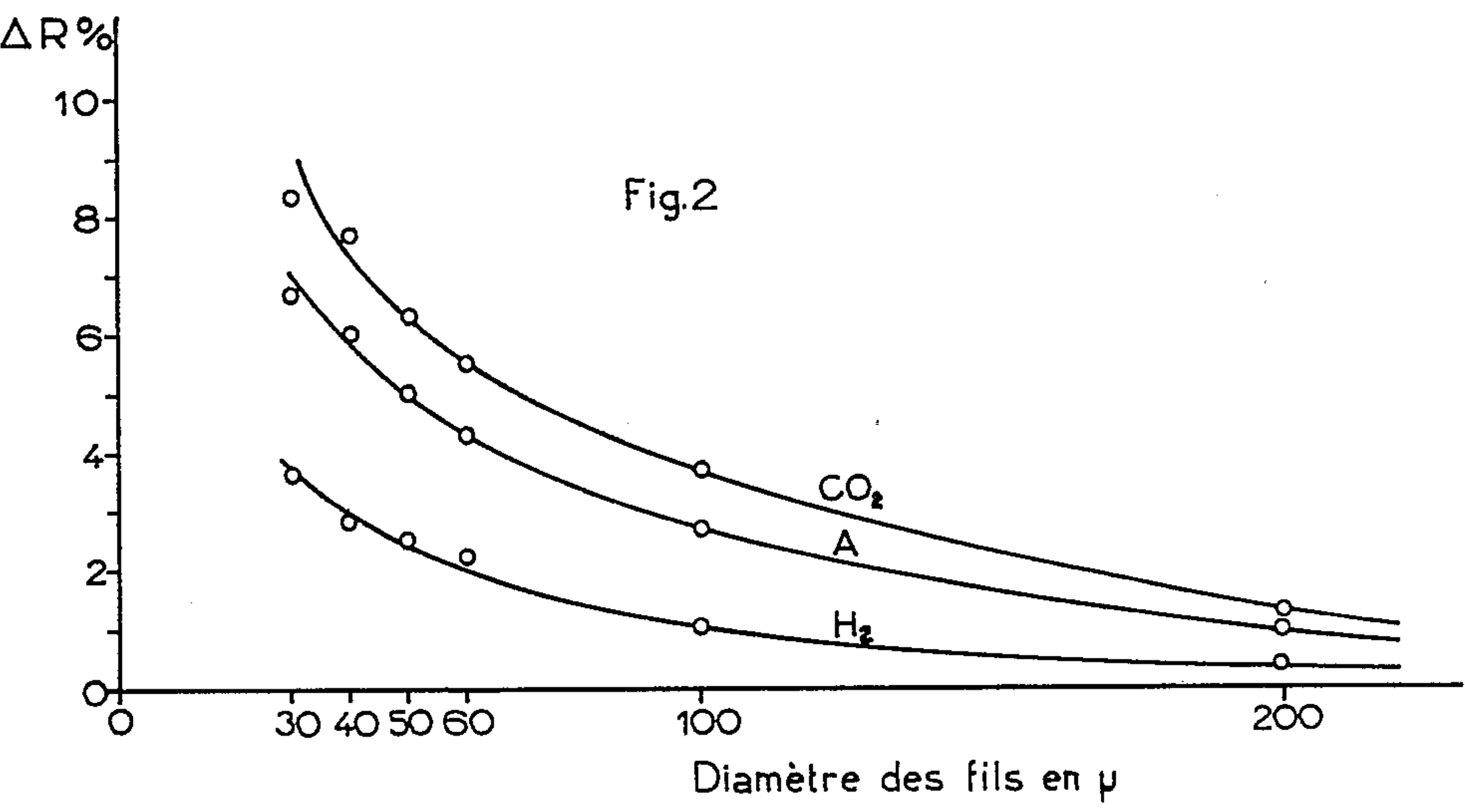
Les mesures ont été faites dans des atmosphères de : H_2, A, CO_2 et dans un vide de 10^{-5} mm Hg.

Les courbes de la figure 1, relatives à un fil d'argent et à un fil de tungstène de 60 et 20 μ de diamètre, sont semblables à celles qu'on a obtenues précé-

(1) H. Forestier et A. Clauss, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 207.

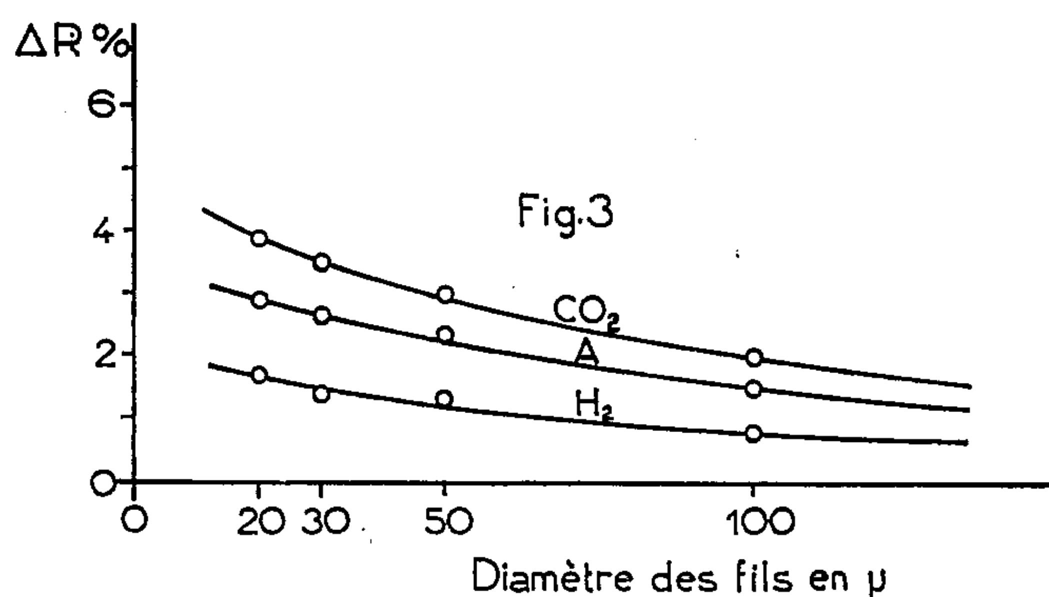
demment avec l'or, le platine et le cuivre (2). Les figures 2 et 3 sont relatives à la présente étude. On a porté en abscisses les diamètres de fils et en ordonnées





(2) *Loc. cit.*

la diminution de la charge de rupture rapportée à la charge de rupture dans le vide : $\Delta R\ \% = (R\,\text{vide} - R\,\text{gaz})/R\,\text{vide}$ (R étant la charge de rupture soit dans le gaz, soit dans le vide).



L'examen de ces courbes nous conduit aux conclusions suivantes :

1° La diminution de la résistance à la traction dans un gaz donné, par rapport à la résistance dans le vide, varie avec le diamètre du fil.

2° Pour un même métal, et dans un gaz donné, la diminution de la charge de rupture, rapportée à la charge de rupture du fil dans le vide, est une fonction régulièrement décroissante du diamètre des fils.

3° L'allure des courbes est semblable mais, pour un diamètre et dans un gaz donnés, la diminution de la charge de rupture semble dépendre de la nature du métal.

Ces résultats montrent d'une manière directe l'importance de la surface du solide et son influence sur certaines propriétés mécaniques; ils apportent une confirmation supplémentaire à notre hypothèse sur le relâchement des liaisons du réseau cristallin superficiel, sous l'influence des gaz adsorbés.

AÉROTHERMODYNAMIQUE. — *Échanges thermiques pour le disque isotherme en rotation uniforme.* Note de M. **Adalbert Oudart**, présentée par M. Maurice Roy.

La solution des équations de Navier-Stockes données par W. C. Cochran [1] et l'équation de l'énergie permettent de définir les échanges thermiques entre un disque indéfini isotherme en rotation uniforme et l'atmosphère indéfinie.

1. *Rappel.* — Rappelons d'abord, en utilisant des coordonnées sans dimension, les éléments de la solution de Cochran (mouvement laminaire, propriétés physiques constantes), solution valable dans la région centrale du disque indé-

(1) *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 30, 1934, p. 365-375.

fini où l'approximation de l'incompressibilité du fluide est admissible :

$$\frac{p-p_0}{\rho\nu\omega}=\mathrm{P}(\xi);\qquad \frac{u_1}{\sqrt{\nu\omega}}=\mathrm{H}(\xi);\qquad \frac{u_2}{\sqrt{\nu\omega}}=\eta\,\mathrm{F}(\xi);\qquad \frac{u_3}{\sqrt{\nu\omega}}=\eta\,\mathrm{G}(\xi),$$

avec

$\xi=x\sqrt{\omega/\nu}$, $\eta=y\sqrt{\omega/\nu}$;
P, H, F, G, fonctions tabulées par Cochran;
x, r, distances au disque et à l'axe;
ω, vitesse de rotation; ν, viscosité cinématique;
u_1, u_2, u_3, composantes de vitesse parallèle à l'axe, radiale et circonférencielle.

Pour les besoins des calculs numériques, $\mathrm{H}(\xi)$ s'approche par des fonctions convenables.

2. *Équation de l'énergie.* — L'équation de l'énergie en coordonnées cylindriques (rayonnement négligé) fournit alors

$$(1)\qquad \begin{cases} \mathrm{H}\dfrac{\partial\theta}{\partial\xi}+\eta\,\mathrm{F}\dfrac{\partial\theta}{\partial\eta}=\mathrm{H}\dfrac{d\mathrm{P}}{d\xi}+\dfrac{1}{\mathfrak{P}}\left(\dfrac{\partial^2\theta}{\partial\xi^2}+\dfrac{\partial^2\theta}{\partial\eta^2}+\dfrac{1}{\eta}\dfrac{\partial\theta}{\partial\eta}\right)+\varphi,\\ \varphi=2\mathrm{H}'^2+4\mathrm{F}^2+\eta^2(\mathrm{F}'^2+\mathrm{G}'^2);\ \text{avec}\ \theta=\dfrac{c_p\mathrm{T}}{\nu\omega}. \end{cases}$$

On montre que θ est une fonction paire de η et que le binome

$$\theta(\xi,\eta)=\theta_0(\xi)+\eta^2\theta_2(\xi)$$

donnerait une solution compatible avec les conditions aux limites :

$$\theta=\theta_q=\text{constante sur le disque (indice } q),$$
$$\theta=\theta_\infty=\text{constante loin du disque (indice } \infty).$$

On a alors les équations globales :

$$(2)\qquad \frac{1}{\mathfrak{P}}\left(\frac{d\theta_0}{d\xi}\right)_q+\int_0^\infty \mathrm{H}\frac{d\theta_0}{d\xi}d\xi=\int_0^\infty(\mathrm{HP}'+2\mathrm{H}'^2+4\mathrm{F}^2)\,d\xi+\frac{4}{\mathfrak{P}}\int_0^\infty\theta_2\,d\xi,$$

$$(3)\qquad \frac{1}{\mathfrak{P}}\left(\frac{d\theta_2}{d\xi}\right)_q+2\int_0^\infty \mathrm{H}\frac{d\theta_2}{d\xi}d\xi=\int_0^\infty(\mathrm{F}'^2+\mathrm{G}'^2)\,d\xi.$$

Tenant compte des conditions aux limites du problème, on approche *a priori* la distribution $\theta_2(\xi)$ par un polynome du quatrième degré satisfaisant aux conditions

$$\theta_2(0)=\theta_2(h)=\left(\frac{d\theta_2}{d\xi}\right)_h=\left(\frac{d^2\theta_2}{d\xi^2}\right)_h=0\qquad\text{et}\qquad\left(\frac{d^2\theta_2}{d\xi_2}\right)_q=-\mathfrak{P}[\mathrm{F}'(0)^2+\mathrm{G}'(0)^2]$$

et la distribution $\theta_0(\xi)$ par un polynome du cinquième degré satisfaisant aux conditions

$$\theta_0(0)=\theta_q;\qquad \theta_0(h)=\theta_\infty;\qquad \left(\frac{d\theta_0}{d\xi}\right)_h=\left(\frac{d^2\theta_0}{d\xi^2}\right)_h=\left(\frac{d^2\theta_0}{d\xi^2}\right)_0=0,$$

h et $(d\theta_0/d\xi)_q$ sont deux paramètres inconnus que l'on détermine, le premier par l'équation (3) et le deuxième ensuite par l'équation (2).

3. *Résultats.* — Tous calculs faits, on obtient *pour un nombre de Prandtl* $\mathfrak{P} = 0,733$, et en variables réduites :

$$\left(\frac{d\theta_0}{d\xi}\right)_q = -0,267(\theta_q - \theta_\infty) + 0,808,$$
$$\left(\frac{d\theta_2}{d\xi}\right)_q = 0,253.$$

D'où l'on tire la densité de flux calorifique :

$$\Phi = -\lambda_q \left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)_q = \frac{\mu_q}{\mu_\infty} \rho \sqrt{\nu\omega}[0,365(T_q - T_\infty)c_p - 1,10\,\nu\omega - 0,253\,\omega^2 r^2]$$

(en utilisant les unités énergétiques cohérentes).

4. *Exemple numérique.* — Avec l'air à 0°, 760 mm et la plaque à 100° C, on obtient le coefficient d'échange au centre ($r = 0$) :

$$\alpha = \frac{\Phi}{T_q - T_\infty} = 19,5 \text{ mth/m}^2, \text{ H et °C}$$

pour une vitesse de rotation de 1000 t/m (décroissance négligeable en fonction de r pour $r < 20$ cm).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Définitions et propriétés analytiques des matrices* R *et* S *associées aux forces tensorielles.* II. *Cas de la matrice* S [1]. Note [*] de MM. **Williams Laskar** et **Marcos Moshinsky**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans cette Note, nous discuterons le comportement analytique de la matrice S associée aux forces tensorielles d'interaction. Nous montrerons que S est une fonction méromorphe du nombre d'onde k et qu'elle n'a pas de pôles dans la moitié supérieure du plan k, sauf peut-être sur l'axe imaginaire. Il est bien connu que cette propriété a d'importantes conséquences, du point de vue de l'évolution au cours du temps de l'interaction [2].

Pour $r > a$, les coefficients radiaux des harmoniques sphériques vectorielles vérifient l'équation matricielle

$$(11) \quad \left[\frac{d^2}{dr^2} - A(r) + E\right]\begin{bmatrix} u_{1J} \\ u_{2J} \end{bmatrix} = 0, \qquad \text{avec} \qquad A = \frac{1}{r^2}\begin{bmatrix} (J-1)J & 0 \\ 0 & (J+1)(J+2) \end{bmatrix}.$$

Nous utiliserons le même système de notations que dans la Note précédente. Deux solutions de (11), linéairement indépendantes s'écrivent chacune suivant

(*) Séance du 14 juin 1954.

(1) Voir *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2395.

(2) N. G. van Kampen, *Phys. Rev.*, 89, 1953, p. 1072; J. M. Lozano, *Rev. Mexicana Fis.*, 2, 1953, p. 155.

une colonne de la matrice $U_J(k.\ r)$,

$$(12)\quad U_J(k, r) = U_J^-(k, r) - U_J^+(k, r)S_J(k), \qquad \text{avec} \quad U_J^+(k, r) = \begin{bmatrix} u_{J-1}^+(k, r) & 0 \\ 0 & u_{J+1}^+(k, r) \end{bmatrix},$$

où $u_{J\pm1}^{\pm}(k, r)$ sont les fonctions d'onde ([3]) de la particule libre de moment angulaire $J \pm 1$.

La matrice S_J à deux lignes et deux colonnes est une fonction du nombre d'onde k. La continuité de U_J et de sa dérivée normale pour $r = a$ entraîne :

$$(13)\qquad U_J(k, a) = R_J(E)\, U'_J(k, a), \qquad \text{avec} \quad E = k^2.$$

On peut déduire de (12) et (13) :

$$(14)\qquad \begin{aligned} S_J(k) = {} & [U_J^{+\prime}(k, a)]^{-1} \{ U_J^+(k, a)[U_J^{+\prime}(k, a)]^{-1} - R(E) \}^{-1} \\ & \times \{ U_J^-(k, a)[U_J^{-\prime}(k, a)]^{-1} - R(E) \} U_J^{-\prime}(k, a). \end{aligned}$$

Des définitions de $u_{J\pm1}^{\pm}(k, r)$, de $R(E)$ et de (14), nous voyons que $S_J(k)$ est méromorphe en k et que ses pôles sont les zéros du déterminant :

$$(15)\qquad \text{dét.} \{ U_J^+(k, a)[U_J^{+\prime}(k, a)]^{-1} - R(E) \} = 0.$$

Montrons que les zéros de (15) ne peuvent être dans la moitié supérieure du plan du nombre complexe k sauf peut être sur l'axe imaginaire de ce plan.

Supposons que (15) soit vérifiée par un nombre complexe $k = k_x + ik_y$ tel que $k_y > 0$. Alors, pour cette valeur de k, il existe un vecteur X à deux composantes tel que :

$$(16)\qquad \{ U_J^+(k, a)[U_J^{+\prime}(k, a)]^{-1} - R(E) \} X = 0.$$

En multipliant par Im E la partie imaginaire de la forme hermitienne associée à (16) il vient

$$(17)\qquad \text{Im}\,E\, \text{Im}(\tilde{X}^* R(E) X) = \text{Im}\,E\, \text{Im}(\tilde{X}^* U_J^+(k, a)[U_J^{+\prime}(k, a)]^{-1} X).$$

Le membre de gauche est ≥ 0 quel que soit E, ce qui a été démontré dans notre Note précédente.

Pour le membre de droite, du fait que $U^+(k, r)$ vérifie (11) et qu'elle est diagonale, on a

$$(18)\quad [U^{+*}(k, r)U^{+\prime}(k, r) - U^{+*\prime}(k, r)U^+(k, r)]_a^b = (E^* - E)\int_a^b U^{+*}(k, r)U^+(k, r)\, dr.$$

Si $k_y > 0$, la forme asymptotique de $u_{J\pm1}^+(k, r)$ montre que le membre de droite tend vers zéro quand r tend vers l'infini ([4]). Par conséquent, si $k_y > 0$ et seulement dans ce cas, nous pouvons prendre b infini dans (18) car la contribution du membre inférieur de gauche s'annule pour b infini et l'intégrale converge.

([3]) Blatt et Weisskopf, *Theoretical Nuclear Physics*, p. 331.

([4]) L. de Broglie, *De la Mécanique ondulatoire à la Mécanique du noyau*, 3, § 21.

Multipliant alors (18), à gauche par $\tilde{X}^*[U^{+*\prime}(k, a)]^{-1}$ et à droite par $[U^{+\prime}(k, a)]^{-1}X$ nous obtenons

$$(19) \quad \tilde{X}^*\{U^+(k, a)[U^{+\prime}(k, a)]^{-1} - [U^{+\prime}(k, a)^{-1*}[U^+(k, a)^*\}X = \\ -(E - E^*)\int_0^{\infty} \tilde{X}^*[U^{+*}(k, a)]^{-1}U^{+*}(k, r)U^+(k, r)[U^{+\prime}(k, a)]^{-1}X\,dr.$$

L'équation (19) prouve que le membre de droite de (17) est négatif tant que $k_y > 0$ et $\operatorname{Im} E \neq 0$ c'est-à-dire $k_x \neq 0$.

Il est donc ainsi démontré que la matrice S ne peut avoir de pôles dans la moitié supérieure du plan du nombre complexe k, sauf peut être sur l'axe imaginaire de ce plan ([5]) (pour lequel $k_x = 0$).

ÉLECTRICITÉ. — *Sur des phénomènes d'hystérésis présentés par des contacts redresseurs et par des couches minces.* Note (*) de M. **Nicolas Nifontoff**, transmise par M. Louis Royer.

L'auteur décrit des phénomènes d'hystérésis observés sur les courbes $I = f(V)$ relatives à certains contacts redresseurs ou à certaines couches minces. Il propose une explication basée sur la diffusion d'ions d'impuretés dans les barrières métal-semi-conducteur sous l'action des différences de potentiel appliquées.

1. *Faits expérimentaux.* — J'ai déjà signalé ([1]), ([2]) un phénomène d'hystérésis dans le tracé des caractéristiques $I = f(V)$ en courant continu relatives à certains contacts redresseurs (*fig.* 1). Pour des I assez importants la résistance R tend à augmenter pour le « sens direct » et à diminuer pour le « sens inverse » dn courant; l'énergie dissipée dans les deux cas étant du même ordre de grandeur, on peut difficilement attribuer ces variations de sens contraire de R à de simples phénomènes d'échauffement. On a observé aussi sur des couches minces de métaux (Al, Si) ([3]) ou de carbone ([4]) et pour les deux sens du courant une hystérésis analogue à celle d'un contact redresseur pris dans le « sens inverse » (*fig.* 2). Pour des courants très faibles une autre hystérésis a été signalée autour de l'origine pour les lames minces de Si ([5]) (*fig.* 3). En opérant dans un large domaine d'intensité, j'ai pu obtenir pour une lame d'Al une courbe présentant simultanément les deux formes précédentes d'hystérésis : la

---

([5]) M. Moshinsky, *Phys. Rev.*, 91, 1953, p. 984.

(*) Séance du 28 juin 1954.

([1]) *Onde électrique*, 310, 1953, p. 58.

([2]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1870.

([3]) A. Blanc-Lapierre, M. Perrot et J. P. David, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1133.

([4]) N. Nifontoff, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1755.

([5]) M. Perrot et J. Tortosa, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 143.

figure 4 donne la forme de cette courbe au voisinage de l'origine. Pour un contact redresseur on a une couche analogue (*fig.* 5) (on a fortement exagéré l'hystérésis pour rendre toutes les figures plus claires).

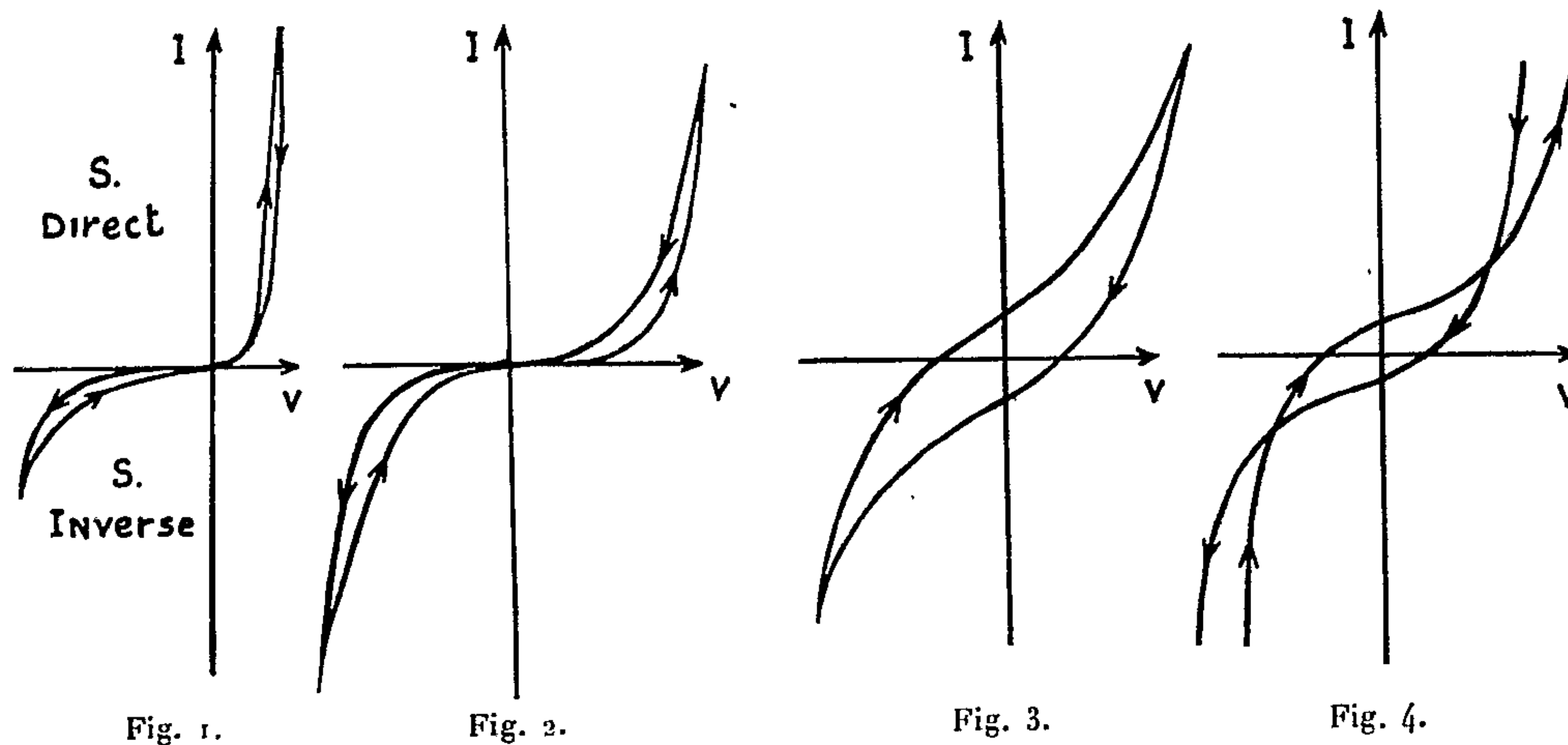


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

2. *Essai d'interprétation théorique*. — *a*. Les résultats précédents relatifs aux couches minces s'interprètent simplement si l'on admet l'existence d'un tapis semi-conducteur entre les grains de la lame ([3]), la conductibilité dépendant

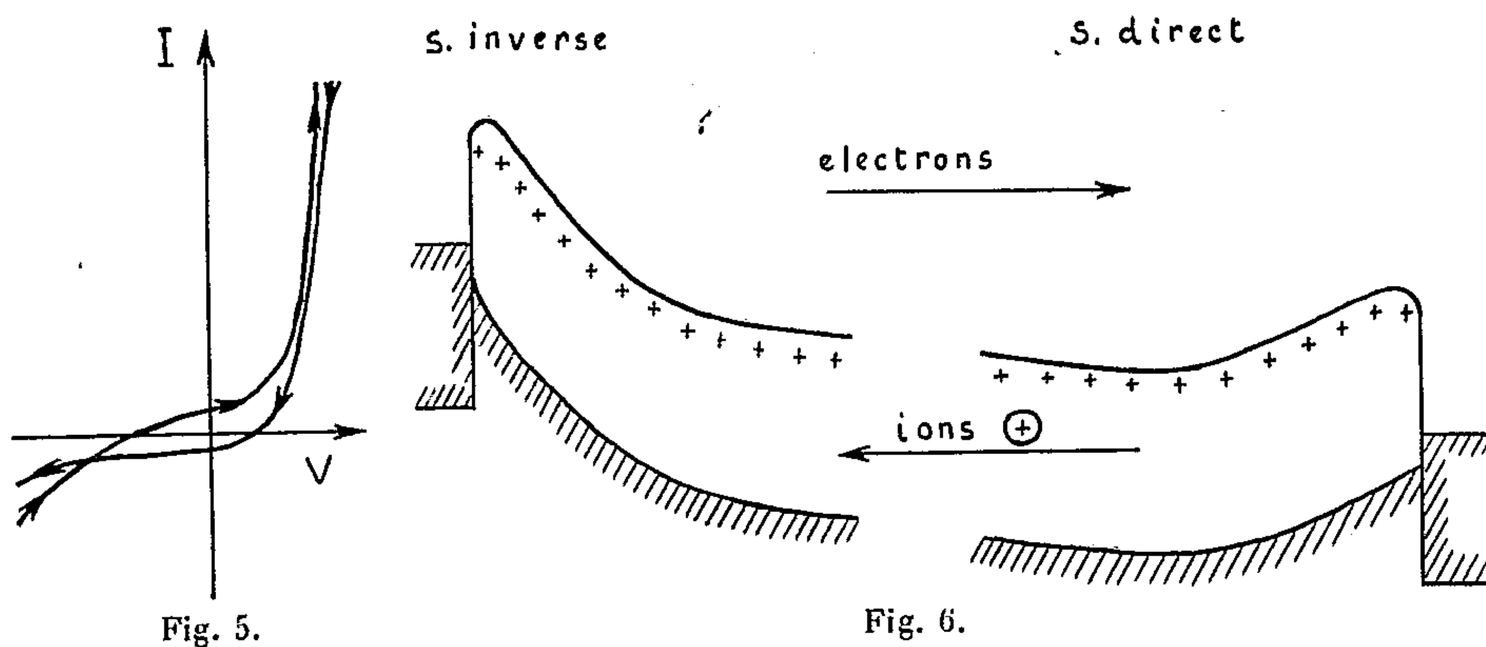


Fig. 5. Fig. 6.

alors étroitement des caractéristiques inverses de contacts métal-semi-conducteur. Pour un contact redresseur on a les formules classiques (effet thermo-électronique) :

$$\text{Sens direct :}\quad \mathrm{I} = \mathrm{AT}^2 e^{-\frac{\varphi}{k\mathrm{T}}}\left(e^{\frac{|\mathrm{V}|}{k\mathrm{T}}} - 1\right),$$

$$\text{Sens inverse :}\quad \mathrm{I} = \mathrm{AT}^2 e^{-\frac{\varphi}{k\mathrm{T}}}\left(1 - e^{-\frac{|\mathrm{V}|}{k\mathrm{T}}}\right).$$

Pour les électrons sortant du métal dans le semi-conducteur, j'introduis l'effet de la force image; la barrière de contact est alors approximativement

représentée par $\Phi = 2\pi N q^2 K^{-1}(l-x)^2 - Vx/l - q^2/4Kx$ et φ est la hauteur du maximum (K, constante diélectrique dans le semi-conducteur; q, charge de l'électron; l, largeur de la barrière; N, densité d'ions d'impuretés et V/q la différence de potentiel appliquée). Le calcul complet de la caractéristique m'a montré que si l'introduction de la force image a un effet négligeable pour le sens direct elle explique quantitativement la diminution rapide de la résistance observée en sens inverse. On voit aussi que φ décroît quand N croît.

b. Quand on applique une différence de potentiel à un contact redresseur, les ions d'impuretés ont tendance à diffuser dans la direction opposée au déplacement des porteurs de charges normaux. Pour un semi-conducteur du type *n*, par exemple, les ions + se déplacent, pour le sens « inverse » du courant, vers la surface du semi-conducteur, N augmente dans la barrière, donc φ et R diminuent. On aura l'effet contraire pour un courant en sens direct (*fig*. 6), ce qui expliquerait l'hystérésis aux fortes intensités [cette diffusion d'ions est pratiquement utilisée avec des intensités encore plus fortes pour augmenter la résistance inverse de certains redresseurs ([6])]. Près de l'origine, nous avons au contraire des courants résiduels analogues à des courants de décharge de condensateurs ([5]), ce qui paraît naturel, les barrières de contact présentant une capacité plus ou moins grande. Ce courant pourrait, en particulier, être produit par le retour des ions à leur position d'équilibre quand on supprime la tension appliquée.

MAGNÉTISME. — *Étude thermomagnétique du ferrite de gadolinium*. Note (*) de MM. **René Pauthenet** et **Pierre Blum**, transmise par M. Louis Néel.

H. Forestier et G. Guiot-Guillain ont découvert récemment ([1]) une nouvelle série de composés ferromagnétiques, les ferrites de terres rares, et mis en évidence par analyse thermomagnétique ([2]), ([3]) de très intéressantes propriétés. Nous avons repris cette étude et mesuré par la méthode d'extraction axiale ([4]) l'aimantation spécifique σ du composé $Fe_2O_3 . Gd_2O_3$ en fonction du champ magnétique, jusqu'à 19 600 Oe, et dans l'intervalle de température compris entre 4 et 700° K.

L'allure des courbes $\sigma(H)$, à température constante, présente une certaine

([6]) M. C. Torrey and C. A. Whitmer, *Crystal Rectifiers*, Mc Graw Hill, 1948, p. 93.

(*) Séance du 28 juin 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1844.

([2]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 48.

([3]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1554.

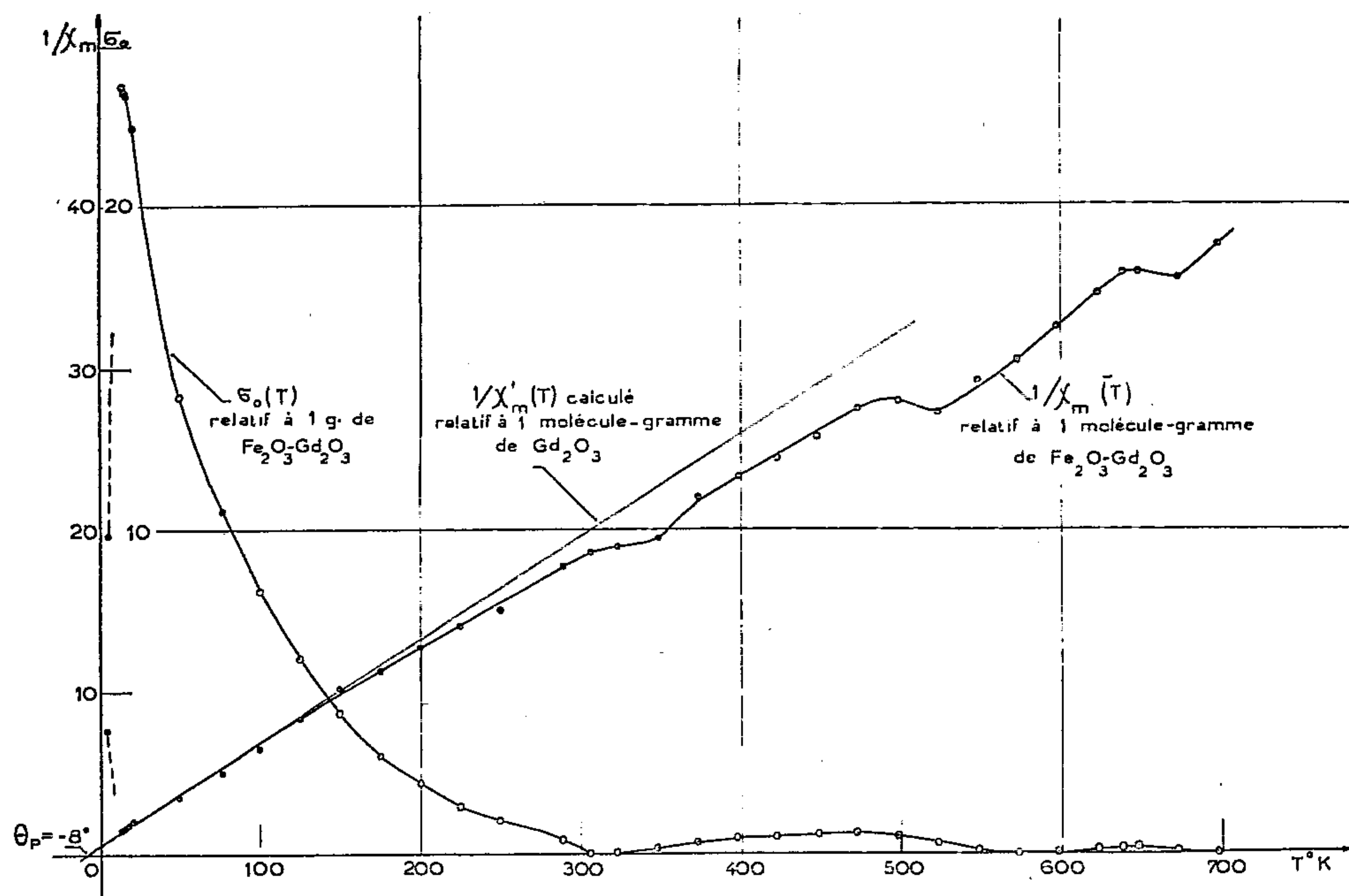
([4]) R. Pauthenet, *Ann. Phys.*, 7, 1952, p. 710.

analogie avec les courbes obtenues dans l'étude de $Fe_2O_3\,\alpha$ ([5]) et correspond à une loi de la forme

$$\sigma = \sigma_0 + \chi H,$$

exprimant la superposition d'un paramagnétisme et d'un ferromagnétisme et valable au-dessus de 6 000 Oe dans l'intervalle de température exploré. Nous avons représenté en fonction de la température, sur la figure ci-dessous, les variations de l'aimantation spontanée spécifique σ_0 et de l'inverse de la susceptibilité χ_M, rapportée à la molécule-gramme $Fe_2O_3.Gd_2O_3$.

Entre 14 et 100° K, la susceptibilité est bien représentée par une loi de Weiss, avec un point de Curie paramagnétique $\theta_5 = -8°$ K et une constante de Curie sensiblement égale à celle des ions Gd^{+++} présents. Au-dessus de 100° K apparaît une légère courbure. A 4° K, la valeur de χ_M est plus petite qu'à 14° K : il existe donc entre 4 et 14° K une température θ_4 correspondant à un maximum de susceptibilité dont l'existence est confirmée par des mesures intermédiaires non représentées ici car moins précises.



La courbe $\sigma_0(T)$ montre que l'aimantation spontanée passe également par un maximum au voisinage de θ_4, décroît ensuite et s'annule à une température $\theta_3 = 306°$K, réapparaît et s'annule à nouveau à 570°K, réapparaît une seconde

([5]) L. Néel et R. Pauthenet, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2172.

fois pour s'annuler définitivement à 678°K. Ces deux dernières températures correspondent aux deux points de Curie θ_1 et θ_2 déjà signalés par Forestier et Guiot-Guillain (3); ces auteurs avaient également noté l'existence d'un maximum situé entre θ_3 et θ_1.

Le point θ_3 correspond probablement à une température de compensation au sens de L. Néel (6). C'est peut-être aussi le cas pour le point θ_1 à moins qu'il ne s'agisse alors d'une température de transition du genre de celles qui se manifestent dans les cas triangulaires étudiés par Y. Yafet et C. Kittel (7).

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Caractérisation d'une direction de gain maximum et de polarisation stationnaire pour le rayonnement électromagnétique monochromatique à l'infini d'un système quelconque.* Note de M. **Maurice Bouix**, présentée par M. Joseph Pérès.

Soit Σ un système rayonnant constitué par une source électromagnétique monochromatique débitant sur un système quelconque d'antenne, et soit S une surface fermée englobant tout le système Σ. Soit $Ox_1y_1z_1$ un repère cartésien trirectangle, O à l'intérieur de S et Oz_1 dirigé suivant une direction de gain maximum, c'est-à-dire où le module du vecteur de Poynting est maximum. Soit $Oxyz$ un repère cartésien voisin de $Ox_1y_1z_1$ repéré par rapport à ce dernier par les angles d'Euler θ, φ, ψ. θ est infiniment petit et l'on s'impose pour simplifier les calculs $\psi+\varphi=0$. On a

$$(1)\qquad x=x_1-z_1\sin\varphi.\theta;\qquad y=y_1+z_1\cos\varphi.\theta;\qquad z=z_1+(x_1\sin\varphi-y_1\cos\varphi)\theta.$$

Soient P un point tel que $OP=R$ soit très grand par rapport aux dimensions de S; E, H les champs électrique et magnétique dus à Σ en M sur S; n le vecteur normal en M à S; ε, μ la constante diélectrique et la perméabilité magnétique; λ la longueur d'onde; $k=2\pi/\lambda$; $d\sigma$ l'élément d'aire de S autour de M. Le conjugué d'un nombre complexe a est désigné par a^*.

Si on développe par rapport à l'infiniment petit θ le module du vecteur de Poynting

$$(2)\qquad \Pi(P)=\frac{1}{2}E(P)\wedge H^*(P)$$

donné par les formules de Köttler (1) et Goudet (2), le gain sera stationnaire

---

(6) *Ann. Phys.*, 3, 1948, p. 137.

(7) *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 290.

(1) L. de Broglie, *Problèmes de propagations guidées des ondes électromagnétiques*, chap. VI, Gauthier-Villars, Paris, 1941.

(2) *L'Onde électrique*, 27, 1947, nos 245-246, p. 313-317.

si le terme en θ est nul. En introduisant les « moments indicateurs »

$$
(3)\quad \left\{
\begin{aligned}
&A = K \iint_S \left[-iky_1\eta(\vec{H}\wedge\vec{n})_{x_1} - (\vec{E}\wedge\vec{n})_{z_1} + iky_1(\vec{E}\wedge\vec{n})_{y_1} \right] \exp(ikz_1)\, d\sigma, \\
&B = K \iint_S \left[-\eta(\vec{H}\wedge\vec{n})_{z_1} + iky_1\eta(\vec{H}\wedge\vec{n})_{y_1} + iky_1(\vec{E}\wedge\vec{n})_{x_1} \right] \exp(ikz_1)\, d\sigma, \\
&F = K \iint_S \left[\eta(\vec{H}\wedge\vec{n})_{z_1} - ikx_1\eta(\vec{H}\wedge\vec{n})_{x_1} + ikx_1(\vec{E}\wedge\vec{n})_{y_1} \right] \exp(ikz_1)\, d\sigma, \\
&G = K \iint_S \left[-ikx_1\eta(\vec{H}\wedge\vec{n})_{y_1} + (\vec{E}\wedge\vec{n})_{z_1} - ikx_1(\vec{E}\wedge\vec{n})_{x_1} \right] \exp(ikz_1)\, d\sigma, \\
&C = K \iint_S \left[-(\vec{E}\wedge\vec{n})_{y_1} + \eta(\vec{H}\wedge\vec{n})_{x_1} \right] \exp(ikz_1)\, d\sigma, \\
&D = K \iint_S \left[(\vec{E}\wedge\vec{n})_{x_1} + \eta(\vec{H}\wedge\vec{n})_{y_1} \right] \exp(ikz_1)\, d\sigma, \\
&\text{avec} \\
&K = \left(\frac{i}{2\lambda R}\right) \exp(-ikR); \qquad \eta = \left(\frac{\mu}{E}\right)^{\frac{1}{2}}; \qquad i^2 = -1,
\end{aligned}
\right.
$$

on trouve que les conditions pour que Oz_1 soit une direction de gain stationnaire sont

$$
(4)\quad \left\{
\begin{aligned}
&AC^* + A^*C + BD^* + B^*D = 0, \\
&FC^* + F^*C + GD^* + G^*D = 0.
\end{aligned}
\right.
$$

En général l'onde émise par un système quelconque est polarisée elliptique. Si $E_1(P_1)$ est le champ électrique pour un point P_1 éloigné sur Oz_1 et $E(P)$ le champ en un point voisin P sur Oz, on peut, aux infiniment petits d'ordre supérieur près, écrire $\vec{E}(P) = m(\theta, \varphi)\vec{E}_1(P_1)$. Quand θ tend vers zéro, le nombre complexe m tend vers 1. On dira que la polarisation est stationnaire quand le développement de m par rapport à θ ne contient pas de terme en θ. Dans ce calcul les « moments indicateurs » interviennent encore, et la direction Oz_1 est une direction de polarisation stationnaire si on a les relations

$$
(5)\quad \frac{A}{-B} = \frac{F}{-G} = \frac{C}{D}.
$$

Si s est la valeur commune de ces trois rapports, les rapports conjugués sont égaux à s^*. Si l'on cherche les conditions pour que Oz_1 soit à la fois de gain et de polarisation stationnaires, on a

$$
\frac{A^*C}{-B^*D} = \frac{AC^*}{-BD^*} = \frac{A^*C + AC^*}{-(B^*D + BD^*)} = ss^* \quad \text{et} \quad \frac{F^*C}{-G^*D} = \frac{FC^*}{-GD^*} = \frac{F^*C + FC^*}{-(G^*D + GD^*)} = ss^*.
$$

En vertu des relations (4), ces rapports sont aussi égaux à 1. Donc s a pour module 1, soit $s = e^{i\alpha}$. Les directions qui sont à la fois de gain et de polari-

sation stationnaire sont donc caractérisées par

$$(6)\qquad \frac{A}{-B} = \frac{F}{-G} = \frac{C}{D} = e^{iv} \qquad (v \text{ réel}).$$

Si on veut repérer une direction Oz_1 de gain maximum par rapport à un trièdre de référence donné OXYZ lié au système Σ, on peut associer à cette direction Oz_1 un trièdre $Ox_1y_1z_1$ dont les angles d'Euler avec OXYZ, sont Θ, Ψ, Φ, et imposer que $\Phi + \Psi = 0$.

Les composantes des vecteurs $\vec{H}\wedge\vec{n}$, $\vec{E}\wedge\vec{n}$ sur $Ox_1y_1z_1$ s'expriment en fonction des composantes sur OXYZ, de même x_1, y_1, z_1 s'expriment en fonction de X, Y, Z, et les deux paramètres Θ et Ψ qui fixent Oz_1 interviennent. Les relations (4) constituent donc un système de deux équations (réelles) à deux inconnues Θ, Ψ. Il n'y a donc pas d'incompatibilité *a priori*, et d'ailleurs physiquement, il existe au moins une solution.

Le même raisonnement montre qu'il n'y a pas d'incompatibilité systématique à l'existence des directions de polarisation stationnaire, car le système (5) est aussi un système de deux équations à deux inconnues Θ, Ψ. Mais si on veut qu'une direction de gain stationnaire coïncide avec une direction de polarisation stationnaire, c'est le système (6) qui doit être vérifié. La condition que v soit réel impose une condition au système rayonnant Σ. Si on veut de plus que l'ellipse de polarisation ait une excentricité donnée (zéro par exemple pour la polarisation circulaire) le système devra satisfaire encore à une autre condition.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'excitation anormale des bandes α de l'ammoniac en l'absence du radical* NH, *dans la décomposition stationnaire de l'hydrate d'hydrazine*. Note de MM. **Guy Pannetier**, **Marcel Barrère** et **François Guedeney**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons signalé dans une précédente Note [1] le moyen d'obtenir à l'état stationnaire la décomposition de l'hydrate d'hydrazine.
Malgré le peu de luminosité de ce phénomène stationnaire, nous sommes parvenus en 150 h de pose à réaliser son analyse dans le domaine visible et ultraviolet avec un spectrographe Jobin et Yvon, type Zélande ouvert à F/14.

Le spectre d'émission de la décomposition de N_2H_5OH ne contient aucune des bandes du radical NH. Nous avons vérifié que cette absence n'était point le fait d'une absorption par les gaz résultant de la dissociation de l'hydrate d'hydrazine. En effet, ces gaz, passant dans une cheminée de quartz interposée entre la fente du spectrographe et le dard d'un chalumeau à ammoniac n'apportent aucun changement appréciable au spectre d'émission de l'ammoniac.

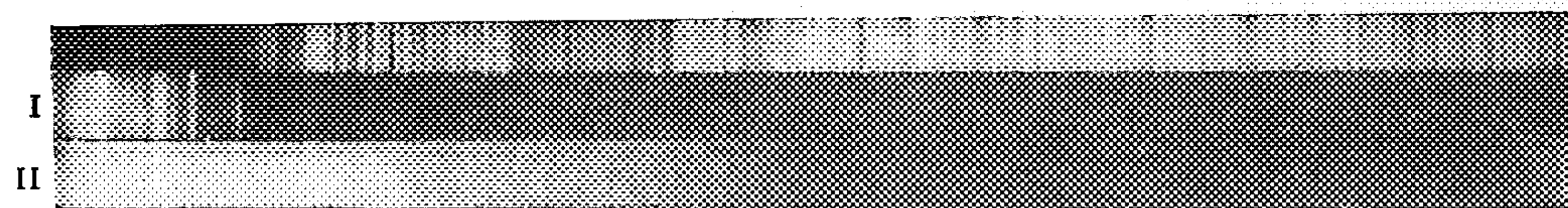
---

(1) *Comptes rendus*, **238**, 1954, p. 898.

Dans d'autres expériences, nous avons opéré avec une fente très large, d'environ 0,5 mm, et posé pendant une dizaine d'heures. Avec une telle largeur de fente, plus large que l'écart linéaire normal de deux raies de rotation d'une bande de vibration du radical NH, la superposition des raies nous aurait renseignés sur l'existence de cette molécule si elle avait été libérée avec une énergie d'excitation suffisante.

La seule caractéristique du spectre obtenu est le spectre de bandes connu sous le nom de bandes α de l'ammoniac.

L'étude comparative du spectre obtenu dans la dissociation de l'hydrate d'hydrazine (spectre I) et de celui que l'on observe dans la combustion oxygénée de l'ammoniac (spectre II) conduit à deux résultats.



A. Avec la dispersion du spectrographe utilisé et même avec une définition meilleure les têtes de bandes que l'on observe dans la bande α de la combustion de l'ammoniac sont diffuses et il a toujours été impossible de classer les nombres d'ondes de ces raies en un schéma de Deslandres. L'émetteur responsable n'est donc pas une molécule diatomique — la plupart des auteurs ([2]) qui se sont intéressés à cette question ont rendu la molécule NH_2 responsable de ce résultat mais sans preuve positive. Tous, font intervenir à des titres divers, l'ammoniac plus ou moins mélangé à d'autre gaz, dans une combustion dont il est le protagoniste essentiel — aussi ces résultats ne pouvaient-ils exclure l'hypothèse que l'émission de l'ammoniac est en réalité la superposition de l'émission des divers émetteurs dont l'un pourrait être le radical NH.

Or, toutes les raies obtenues dans le spectre de la flamme de décomposition de l'hydrate d'hydrazine coïncident avec les raies du spectre de combustion de l'ammoniac.

L'émission des bandes α de l'ammoniac exclut donc une participation de la molécule NH.

D'autre part, si la bande α était la somme de l'émission de plusieurs autres molécules composantes, puisqu'il n'y a aucune raison que chacune de ces molécules ne participe dans le même rapport à la cinétique de l'ammoniac ou de l'hydrazine, on devrait constater une différence dans l'intensité relative des différentes raies les unes par rapport aux autres. Ceci semblerait en accord avec ce que nous allons signaler plus loin. Mais il résulte d'expériences non encore

([2]) W. B. Rimmer, *P. R. S.*, 103, 1923, p. 696; A. G. Gaydon, *P. R. S.*, 181, 1942, p. 197; P. Ausloos et Van Tiggelen, *Bull. Soc. Chim. Belg.*, 61, 1952, p. 569.

complètement publiées sur l'étude de la dissociation explosive de l'acide azothydrique où l'on observe simultanément les radicaux NH et NH_2 avec une intensité relative très différente de celle qu'ils ont dans la combustion de l'ammoniac, que les diverses raies de la bande α ont même intensité relative dans les deux spectres.

L'émetteur des bandes α de l'ammoniac est donc bien un seul et même émetteur non diatomique qui ne doit renfermer que de l'azote et de l'hydrogène. Puisque ce ne peut être ni NH, ni NH_3 ni même N_3H la probabilité pour que ce soit NH_2 s'en trouve d'autant renforcée.

B. Un deuxième caractère important contenu dans ce document est que la distribution d'intensité des bandes émises par la décomposition de N_2H_5OH est tout à fait différente de la distribution habituelle, telle qu'on la trouve dans le spectre de la combustion oxygénée de l'ammoniac ou même dans le spectre de décomposition de l'acide azothydrique. La source d'excitation est certes, complètement différente. Mais, alors que l'intensité des bandes de longueurs d'ondes plus fortes que celle de la raie du sodium est sensiblement égale à l'intensité des bandes correspondantes observées dans la combustion de l'ammoniac, celles dont les longueurs d'ondes sont plus faibles que celle de la raie D du sodium, sont considérablement moins intenses.

Un tel résultat vaut d'être mentionné comme étant de nature à aider l'analyse que l'on peut faire de cette émission non diatomique, et particulièrement de ses niveaux vibrationnels. D'autre part, si l'émetteur des bandes α de l'ammoniac est bien le radical NH_2, la décomposition préalable : $N_2N_4 \rightarrow 2NH_2$ postulée par Murray et Hall (3) pour interpréter la décomposition de l'hydrazine, se trouverait ainsi confirmée. Le résultat que nous obtenons ne se trouverait pas, en outre, en désaccord avec la dissociation en phase vapeur de l'hydrate d'hydrazine en vapeur d'eau et vapeur d'hydrazine totalement distinctes au point de vue comportement.

RAYONS X. — *Système de miroirs sphériques permettant d'obtenir des images agrandies en lumière* X. Note de M. **Marc Montel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Des recherches antérieures sur le microscope à rayons X ayant mis en évidence certains défauts inhérents à l'appareil, l'auteur a cherché à réaliser un nouveau système qui présente à la fois une plus grande simplicité de réglage, et une meilleure correction des aberrations géométriques. Le résultat a été obtenu en utilisant comme objectif un prisme en toit à faces latérales déformées. Le pouvoir séparateur atteint est alors de 1 μ.

M. P. Kirkpatrick (1) a décrit, en 1948, un nouveau type de microscope.

(3) Murray et Hall, *Trans. Far. Soc.*, 47, 1951, p. 743.

(1) *J. Opt. Soc. Amer.*, 38, 1948, p. 766.

Le principe utilisé par cet auteur est la réflexion totale des rayons X, sous incidence rasante, sur des miroirs cylindriques ou sphériques concaves. L'appareil décrit donne des images réelles agrandies d'objets suffisamment absorbants. Le système préconisé présente les aberrations suivantes : astigmatisme à l'exception d'un couple de points conjugués, anamorphose, inclinaison du champ-image sur la direction moyenne du faisceau, aberrations d'un type nouveau dues à l'emploi d'un système asymétrique. La nature exacte de ces défauts, et les possibilités de correction ont déjà été détaillées ([2]).

Nous nous sommes proposé l'étude d'un microscope dépourvu des aberrations énumérées ci-dessus. Nous présentons ici le résultat de nos travaux.

La partie optique de l'appareil se compose essentiellement de deux sphères orthogonales travaillant comme un prisme en toit d'air sous incidence rasante. Un tel ensemble a été réalisé de la manière suivante ([3]) :

Considérons deux calottes sphériques de même rayon R, et de sommets O_1 et O_2. Les plans (P) qui passent par O_1 et O_2, et forment un angle dièdre de 45° avec les plans tangents (Π) et (Π') à la sphère en ces points, déterminent deux sections circulaires de même rayon. Nous ne conservons que la portion de calotte comprise dans le dièdre aigu. Il existe un déplacement qui permet d'amener les plans sécants en coïncidence, les calottes étant de part et d'autre de ce plan commun. Nous confondons alors O_1 et O_2 en un point O. Une rotation autour d'un axe perpendiculaire au plan (P) amène les plans (Π) et (Π') à former un dièdre droit, les centres des deux sphères se trouvant dans la même région de l'espace. Ce procédé permet la réalisation de deux portions de sphères orthogonales.

Le centre Ω du diaphragme d'ouverture est placé dans le plan de symétrie (P) de l'ensemble.

Soit A un point du plan (P). Le rayon moyen du faisceau issu de ce point tombe sur l'arête du prisme, et fait, avec chacun des deux miroirs, le même angle d'attaque. Nous appelons u cette valeur commune. Les formules de l'astigmatisme appliquées deux fois donnent

$$\frac{1}{\overline{OS'}} = \frac{1}{\overline{OT'}} = \frac{1}{\overline{OA'}} = 2\frac{\sqrt{2}}{R.u} + 2\frac{u}{R\sqrt{2}} - \frac{1}{\overline{OA}}.$$

Cette expression est la même pour les deux focales S' et T' : il n'y a donc pas astigmatisme. Quand A se déplace d'une faible quantité de part et d'autre du plan (P), la variation de l'angle d'attaque est un infiniment petit du second ordre par rapport à u. Cette variation peut, par suite, être négligée. Nous

---

([2]) M. Montel, *Revue d'Optique*, 32, 1953, p. 585, et *Optica Acta*, 1, 1954, n° 3.

([3]) L'ensemble a été conçu et réalisé au laboratoire de Chimie physique de la Faculté des Sciences de Paris.

pouvons admettre que le système est alors complètement corrigé de l'astigmatisme.

Le calcul montre que le rapport d'anamorphose est égal au produit d'une constante, fonction des données géométriques du système, par la distance O_1O_2 des sommets des miroirs. Cette distance est ici nulle, l'anamorphose est complètement corrigée.

L'utilisation d'un diaphragme d'ouverture distinct des miroirs permet d'obtenir une image plane perpendiculaire à l'axe moyen du faisceau. La distance $O\Omega$ est donnée par la formule

$$O\Omega = -OA.\frac{Ru}{OA + 2Ru}.$$

Il est en outre possible, par déplacement du diaphragme à partir de la position définie ci-dessus, de fixer l'inclinaison de l'image sur l'axe à une valeur quelconque comprise en u et $(\pi - u)$.

Enfin, le système présente un plan de symétrie, ce qui entraîne la disparition des termes aberrants de la forme $r^n \sin m\varphi$ (²), où r est le rayon pupillaire, et φ l'angle de ce rayon avec sa projection sur le plan de symétrie. Il y a alors un gain appréciable du pouvoir de résolution.

Il se pose, avec ce système, un problème analogue à celui rencontré pour le prisme en toit classique. La lumière qui produit l'image peut se réfléchir de deux manières différentes : elle peut en effet tomber en premier lieu, soit sur l'un soit sur l'autre des deux miroirs. Le système n'est utilisable que si les deux images obtenues sont rigoureusement confondues. Le calcul montre qu'il n'en est pas ainsi dans le cas général, mais si l'angle d'attaque est de l'ordre du degré, la distance des images est de 100 Å pour un grandissement de 100 fois. Cette valeur est nettement inférieure au pouvoir séparateur. Nous pouvons donc considérer, d'un point de vue physique, que le système donne une image unique d'un objet quelconque.

Au cours des premiers essais, le pouvoir séparateur obtenu fut de 1 μ. Les conditions expérimentales étaient les suivantes : miroirs de 20 m de rayon, angle d'attaque moyen de 30′, grandissement 100 fois. L'objet était une grille de platine, et le tube générateur de rayons X, un tube Machlett scellé AEG-50A, à anticathode de cuivre. Il nous semble probable que ce pouvoir séparateur puisse être divisé par 5 et atteindre 2 000 Å, avec le montage précis en cours d'étude. L'adjonction d'un second système analogue, concave ou convexe, permettra de se rapprocher encore plus de la valeur théorique du pouvoir séparateur, 70 Å, ce qui constituerait un gain appréciable sur le microscope optique, indépendamment des autres avantages inhérents à l'emploi des rayons X.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Détermination du champ axial dans un accélérateur linéaire du type Alvarez.* Note (*) de M. **Wassek Chahid**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous donnons un procédé de calcul du champ électrique dans un accélérateur linéaire d'ions, en tenant compte de la forte perturbation introduite par les tubes accélérateurs sur le champ des cavités cylindriques simples. L'accord des prévisions avec l'expérience est réalisé à 2 % près.

1. Nous cherchons à calculer le champ électrique axial dans des cavités du type utilisé par Alvarez ([1]) et dont la figure donne les caractéristiques. En l'absence des tubes intérieurs, la cavité oscillerait sur le mode E_{010}. Les tubes introduisent une forte perturbation; leur rayon est tel qu'aucune onde progressive ne prend naissance à l'intérieur. M. Y. Bernard a montré ([2]) comment on peut calculer un tel champ, si l'on connaît la répartition dans la coupure $E_Z(z, R)$; il avait alors pris par raison de simplicité, une distribution uniforme, mais des expériences récentes de A. Septier ([3]), conduisent au contraire, à adopter une distribution de la forme

$$E_Z(z, R) = E_0 \frac{2}{\pi} \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{z}{l}\right)^2}}. \tag{1}$$

Nous étendons le calcul à ces nouvelles conditions en reprenant les notations de la référence ([2]) (R est l'unité de longueur). La fonction $E_Z(z, R)$ peut se développer en série de Fourier à l'intérieur de la coupure

$$\frac{E_Z(z, R)}{E_0} \equiv 1 + 2\sum_{q=1}^{\infty} J_0(q\pi)\cos\left(q\pi\frac{z}{l}\right), \tag{2}$$

nous en déduisons la fonction $f(z, r)$ ([2])

$$f(z, r) = E_0\left[\frac{J_0\left(\frac{\omega}{c}r\right)}{J_0\left(\frac{\omega}{c}\right)} + 2\sum_{q=1}^{\infty}\frac{J_0(q\pi)}{J_0(\gamma_q)}J_0(\gamma_q r)\cos\left(q\pi\frac{z}{l}\right)\right] \tag{3}$$

(*) Séance du 28 juin 1954.

([1]) L. W. Alvarez et autres : *U. C. R. L.*, 236, 1948.

([2]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1862.

([3]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 658

et en tenant compte des conditions aux limites, le champ axial :

$$(4)\qquad 0 \leqq z \leqq l : \quad \frac{E_z}{E_0} = \frac{f(z, 0)}{E_0} - \sum_{\eta=1}^{\infty} \psi_\eta(l)\, e^{-\beta_\eta l} \operatorname{ch}(\beta_\eta z);$$

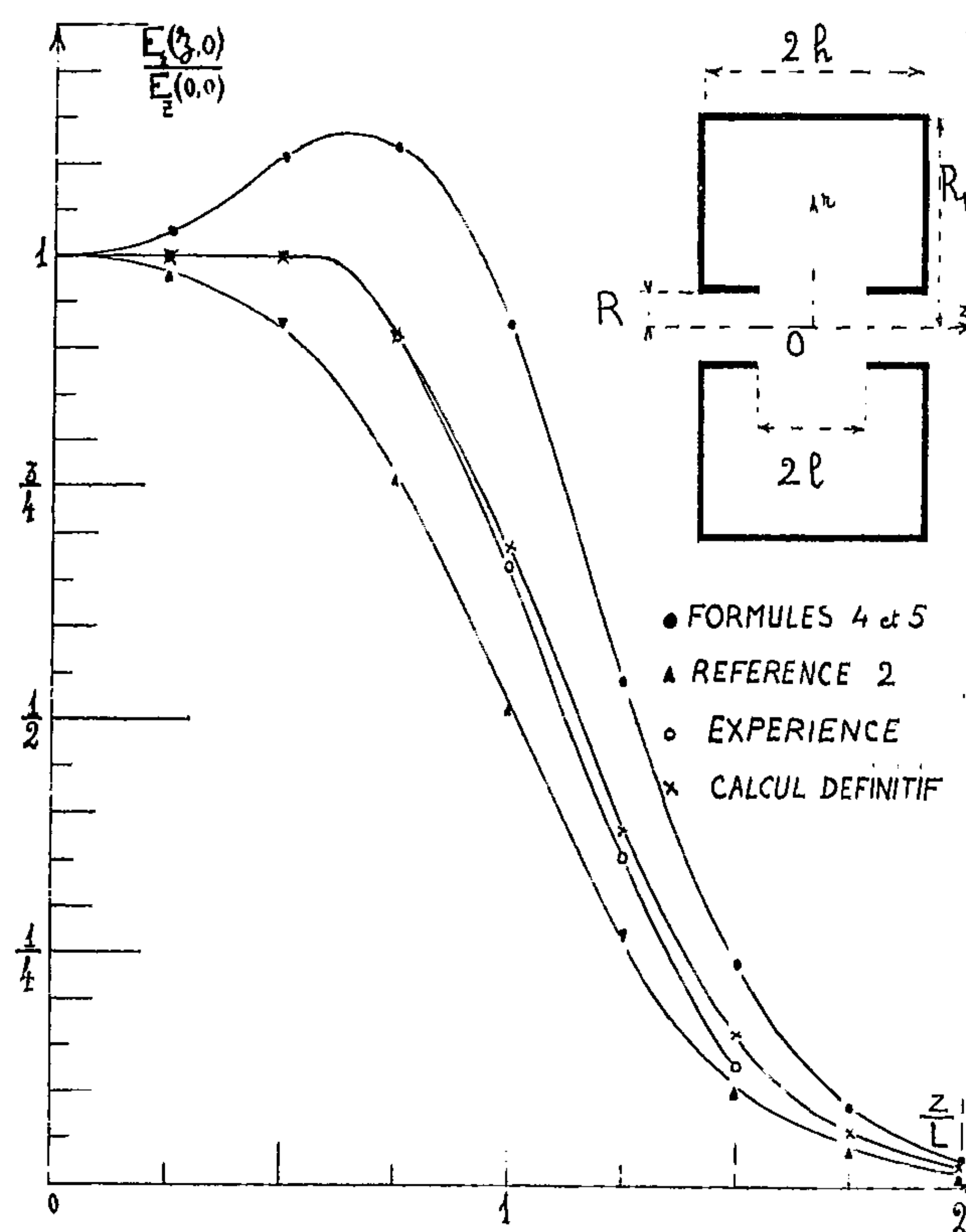
$$(5)\qquad l \leqq z : \quad \frac{E_z}{E_0} = \sum_{\eta=1}^{\infty} \psi_\eta(l) \operatorname{sh}(\beta_\eta l)\, e^{-\beta_\eta z};$$

$$\gamma_q^2 = \left(\frac{\omega}{c}\right)^2 - \left(\frac{q\pi}{l}\right)^2, \quad \beta_\eta^2 = \mu_\eta^2 - \left(\frac{\omega}{c}\right)^2, \qquad J_0(\mu_\eta) = 0$$

et

$$\psi_\eta(l) = \frac{2\mu_\eta}{J_1(\mu_\eta)} \left[\frac{1}{\beta_\eta^2} + 2 \sum_{q=1}^{\infty} \frac{(-1)^q J(q\pi)}{\beta_\eta^2 + \left(\frac{q\pi}{l}\right)^2} \right].$$

2. La méthode de mesure expérimentale du champ axial a été décrite précédemment ([3]). La figure donne le résultat de ces mesures, pour 3000 Mc/s dans la cavité schématisée sur la figure. Nous avons tracé sur ce graphique la courbe



déduite de l'hypothèse du champ uniforme dans la coupure, et celle obtenue par la méthode indiquée ici. Les deux courbes encadrent la courbe expérimentale.

Ce phénomène s'explique, car la distribution du champ dans la coupure dépend à la fois de l'effet de pointe des extrémités des tubes (représenté par la courbe $[1-(z/l)^2]^{-1/2}$ et de la distribution du champ dans la cavité entière). Pour améliorer la théorie nous sommes ainsi amené à supposer que le champ dans la coupure est une combinaison linéaire de la distribution (1) et de celle qui existerait en cet endroit si la cavité n'était pas perturbée. Posons donc

$$(6) \qquad E_z = A\frac{2E_0}{\pi}\left[1-\left(\frac{z}{l}\right)^2\right]^{-\frac{1}{2}} + BJ_0\left(\frac{2,405}{R_1}\right)E_0.$$

Les constantes A et B doivent donner le champ moyen dans la coupure E_0 :

$$(7) \qquad A + BJ_0\left(\frac{2,405}{R_1}\right) = 1,$$

d'autre part, quand l tend vers h le champ se rapproche du champ de la cavité sans tube pour s'identifier à lui lorsque $l=h$; au contraire si l tend vers zéro, l'effet de pointe est prépondérant. Nous pouvons donc adopter l'hypothèse simple :

$$(8) \qquad \frac{A}{B} = \frac{h-l}{l}.$$

Ces deux relations (7) et (8) déterminent le champ $E_z(z, 1)$. Le champ axial est donc une combinaison linéaire des deux distributions, celle donnée par les équations (4) et (5), et celle établie dans la référence ([2]) dans le cas d'un champ uniforme. Le champ ainsi obtenu a été tracé sur la figure. On peut juger du bon accord avec l'expérience, l'écart des deux courbes ne dépasse pas 2 % dans la région utile, où le champ a une valeur importante.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *État de polarisation du rayonnement de freinage.* Note de M. **Christophe Tzara**, présentée par M. Francis Perrin.

On a mis en évidence expérimentalement l'existence d'une polarisation des photons du spectre de freinage d'électrons de 22 MeV.

Divers théoriciens ont montré que le rayonnement de freinage d'électrons d'énergie $E \gg mc^2$ devait comporter une composante polarisée rectilignement à $\pi/2$ du plan défini par la direction $\vec{p}_e$ de l'électron incident et le vecteur propagation $\vec{k}$ du photon ([1]), ([2]), ([3]), ([4]). Une étude expérimentale a été

([1]) M. May et G. C. Wick, *Phys. Rev.*, 81, 1951, p. 628.
([2]) M. May, *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 265.
([3]) R. L. Gluckstern, M. H. Hull et G. Breit, *Phys. Rev.*, 90, 1953, p. 1026.
([4]) R. L. Gluckstern et M. H. Hull, *Phys. Rev.*, 90, 1953, 1030.

tentée par K. Phillips ([5]), mais le résultat n'est pas concluant et présente une anomalie tout à fait inexplicable. Étant donné l'intérêt présenté par une source intense et énergique de photons polarisés, nous avons tenté une mesure du taux de polarisation du rayonnement émis par le bétatron de 24 MeV du Commissariat à l'Énergie Atomique installé à l'institut Gustave Roussy.

Principe de la méthode. — Aux énergies mises en jeu, l'interaction photon-électron ne peut pas fournir un moyen sensible d'analyse de l'état de polarisation. Mais la distribution angulaire de la direction des photoprotons du deutérium autour du vecteur électrique $\vec{\varepsilon}$ est sensiblement en

$$\cos^2\varphi\, d\Omega = \cos^2\Phi\, d\Phi\,(2\pi\cos^3\theta\, d\theta) \quad (fig.\ 1).$$

La dépendance en Φ de l'intensité d'un rayonnement polarisé rectilignement suivant $\vec{\varepsilon}$ est la même. La distribution azimutale des photoprotons de ^2_1H reproduit donc exactement l'état de polarisation du rayonnement incident. Cette

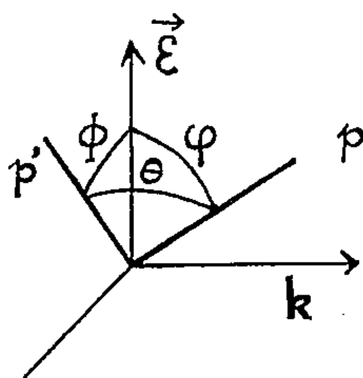


Fig. 1.

propriété a été utilisée dans diverses études ([6]). L'objet de la mesure est de déterminer numériquement la distribution $\sigma(\Phi) = \sigma_{\parallel} + (\sigma_{\perp} - \sigma_{\parallel})\sin^2\Phi$. Le taux de polarisation $P = \sigma_{\perp}/\sigma_{\parallel}$ serait maximum pour un angle

$$\beta_0 = (\vec{p}_e, \vec{k}) = \frac{mc^2}{E}.$$

Méthode expérimentale. — Pour l'étude d'un tel processus, de section efficace relativement faible, l'émulsion nucléaire présente des avantages. Le deutérium est introduit dans une émulsion C_2 de 100 μ sous forme d'eau lourde. Étant donnée l'allure du spectre de freinage, très riche aux basses énergies, un voile de fond dense gêne l'observation des traces de protons. A l'aide d'un développement décrit dans ([7]), et en filtrant le rayonnement par un cylindre d'aluminium de 6 cm de longueur et de diamètre suffisant pour porter ombre sur la plaque (une estimation limitée à la diffusion Compton simple montre que la

---

([5]) *Phil. Mag.*, 44, 1953, p. 169.

([6]) D. H. Wilkinson, *Phil. Mag.*, 43, 1952, p. 659.

([7]) A. Bonnet, à paraître dans le *Journal de Physique et le Radium*.

polarisation du faisceau n'en est pas altérée), il est possible d'observer des protons jusqu'à 10 MeV, dans une émulsion irradiée pendant 30 s à intensité maximum. Le développement est effectué aussitôt après l'irradiation pour éviter un effacement de l'image latente. Aux photoprotons du $^{2}_{1}H$ s'ajoutent ceux des autres éléments présents dans l'émulsion, ainsi que d'éventuels protons projetés par des neutrons rapides. Pour séparer les effets dus au $^{2}_{1}H$ il faut irradier dans les même conditions : 1° une émulsion chargée d'eau lourde; 2° une émulsion chargée d'eau naturelle; 3° une émulsion sèche, et les comparer.

Des conditions identiques sont pratiquement obtenues en disposant les plaques l'une derrière l'autre. Diverses indications confirment que les protons projetés par neutrons rapides interviennent en proportion négligeable, ce qui rend inutile le dépouillement de l'émulsion sèche. Pour connaître l'intersection avec l'émulsion de la direction $\beta_0 = mc^2/E$, il faut repérer l'axe du faisceau qui coïncide avec la direction des électrons incidents. Ceci est fait par irradiation d'émulsions à rayons X et détermination du maximum de densité de noircissement. Les émulsions sont situées à 200 cm de la cible et normalement au faisceau; E est égale à 22 MeV. La trace de la direction β_0 dans l'émulsion est donc à 4,7 cm de celle de l'axe, et l'exploration se fait dans un carré de 1 cm² centré en ce point. Ces deux points définissent la droite choisie comme origine des angles Φ. Seules sont retenues les traces de longueur supérieure à 100 μ et entièrement contenues dans l'émulsion. Les coordonnées de l'origine et de l'extrémité sont lues sur les palmers de la platine porte-objet du microscope; les cotes sont multipliées par le facteur de contraction $C=7$; l'angle Φ est lu sur un cercle gradué solidaire d'un repère visible dans le champ de l'oculaire.

Résultats. — En raison de l'incertitude sur l'axe du faisceau (son intersection avec l'émulsion est connue à $\pm 0,5$ cm) donc sur l'origine des Φ, il faut étudier

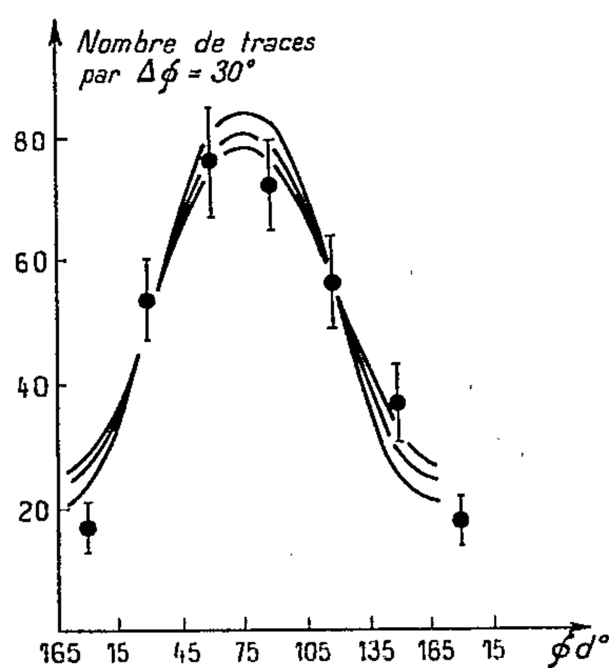


Fig. 2.

la distribution entre 0 et π, au lieu de rabattre la figure autour de $\Phi = \pi/2$, qui n'est pas forcément axe de symétrie.

438 traces ont été retenues dans 0,200 cm² de la plaque à eau lourde, 110 dans 0,168 cm² de la plaque à eau naturelle.

La distribution azimutale relative à l'émulsion chargée d'eau naturelle est sensiblement isotrope. Après l'avoir rapportée à 0,200 cm² et soustraite de la distribution relative à l'émulsion à eau lourde, nous obtenons la distribution des photoprotons du deutérium. Celle-ci est comparée à une suite de courbes représentatives de $N(1+\beta \sin^2 \Phi)$ normalisées pour recouvrir la même surface. Les trois courbes $\beta=2$; $\beta=2,5$; $\beta=3$ encadrent la distribution expérimentale, symétrique par rapport à 80° environ (*fig.* 2). Comme $\beta=(\sigma_\perp-\sigma_\parallel)/\sigma_\parallel$ le taux de polarisation $\sigma_\perp/\sigma_\parallel$ est $P=3,5\pm 0,5$. Ce résultat ne peut être rattaché directement à l'analyse détaillée de (3) et (4), principalement à cause de la diffusion des électrons dans la cible de 20 μ du bétatron. Il la confirme en tous cas qualitativement et permet d'envisager l'utilisation de la polarisation de rayonnement γ de haute énergie.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *L'énergie totale de désintégration du nucléide* ^{25}Na *et le nombre magique* 14. Note de M. **Maurice E. Nahmias** et Mlle **Tosiko Yuasa**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Le nucléide ^{25}Na contient 14 neutrons qui devraient saturer la sous-couche $d(5/2)$, dans le modèle de Maria Meyer (1). Il s'ensuivrait une énergie de liaison particulièrement élevée qui laisserait moins de masse disponible dans la transition ^{25}Na — ^{25}Mg. L'énergie totale de désintégration E de ^{25}Na devrait donc présenter une anomalie « déficitaire » — dE, par rapport à celles des radioéléments voisins n'ayant pas de couche nucléaire saturée et de même spin isotopique $T_z=(N-Z)/2=3/2$. Il a été confirmé par ailleurs, par l'un de nous (2) que les nucléides ^{28}Al et ^{29}Al, aboutissant respectivement à ^{28}Si et ^{29}Si, présentent, du fait de la masse déficitaire des noyaux de Si à nombre magique 14, des énergies E anormalement « excédentaires », avec $dE > 1,3$ MeV, par rapport aux radioéléments sans couche saturée et de même T_z.

La période radioactive relativement courte, d'environ 1 mn, de ^{25}Na, n'avait pas permis jusqu'ici une étude soignée de ce nucléide. Les résultats publiés sont quelque peu contradictoires. C'est ainsi qu'en 1946, l'étude de la réaction ^{26}Mg (γ, p) ^{25}Na donnait (3), par des mesures d'absorption, un rayonnement β d'une énergie maximum de 2,8 MeV. En 1947, une autre composante (à 55 %) avec une énergie (4) maximum de $3,7\pm 0,3$ MeV était

(1) *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 16.
(2) M. E. Nahmias, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1875.
(3) G. C. Baldwin et G. S. Klaiber, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 259.
(4) E. Bleuler et W. Zünti, *Helv. Phys. Acta*, 20, 1947, p. 195.

signalée et la composante à 2,8 ± 0,3 MeV confirmée (45 %). Cette composante molle aboutissant à un état excité du ^{25}Mg serait accompagnée d'une émission γ simple ou en cascade, que les auteurs n'avaient pu préciser. En 1948, on ne fait mention ([5]) que de la composante à 3,7 MeV. Enfin en 1949 des mesures d'absorption ([6]) ne présentent qu'un seul spectre β avec $E_{max} = 3,4 \pm ?$ MeV.

Il y avait donc intérêt à préciser ce schéma de désintégration. Nous avons utilisé, dans ce but, la réaction $^{25}Mg(n, p)^{25}Na$, avec les neutrons de Be(d, n) du cyclotron du Collège de France. Nous avons pris soin d'irradier le Mg durant moins de 1 mn et en renouvelant à chaque fois notre échantillon, pour éviter la formation de ^{27}Mg, par la réaction $^{26}Mg(n, \gamma)$, dont la période est de 10 mn et qui présente deux composantes β de 1,8 et 0,8 MeV et deux raies γ de 1 et 0,80 MeV.

Le Mg irradié était posé, quelques secondes après la fin de l'irradiation devant un cristal de NaI(Tl) lié à un photomultiplicateur 5819 agissant, à travers un préampli, sur un amplificateur linéaire, lui-même couplé à un sélecteur d'amplitudes à 10 canaux, muni d'un discriminateur.

Nous avons ainsi mis en évidence une seule raie γ de 625 ± 25 keV qui décroissait bien avec une période de 60 ± 2 s, caractéristique du ^{25}Na.

Nous avons ensuite effectué des mesures de coïncidences $\beta - \gamma$ au moyen de compteurs de Geiger, en fonction de l'épaisseur d'un absorbant des particules β. Nous avons d'abord observé que ces coïncidences, sans absorbant, diminuaient de moitié en près de 60 s. La courbe d'absorption des particules β nous donne ensuite un parcours maximum de 1,7 ± 0,2 g/cm², correspondant à une énergie maximum de 3,65 ± 0,25 MeV. Enfin la disparition des coïncidences $\beta - \gamma$ pour un écran de 1,4 g/cm² prouve bien que les rayons γ sont liés à la composante molle de ^{25}Na. Le nombre de rayons γ observé est compatible avec une abondance de 50 % environ, de cette composante.

Le ^{25}Na se désintègre, par conséquent, suivant deux voies : l'une vers l'état fondamental de $^{25}Mg(5/2, +)$ avec $E_{max} = 3,65 \pm 0,25$ MeV, et l'autre vers l'état excité $^{25}Mg(1/2, +)$, suivi d'un rayon $\gamma(E_2)$ de 625 ± 25 keV vers l'état fondamental. Ceci permet de lever l'ambiguïté ([7]) sur le spin de ^{25}Na, qui doit être de 3/2, et de fixer, par différence, la limite supérieure du second spectre β à 3 ± 0,25 MeV. On peut aussi en déduire la masse atomique de ^{25}Na comme étant égale à 24,997.65 ± 25, en prenant pour le ^{25}Mg la masse ([8]) de 24,993.74 ± 03.

([5]) M. L. Perlman et G. Friedlander, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 442.
([6]) J. Mc Elhinney et al., *Phys. Rev.*, 75, 1948, p. 542.
([7]) P. M. Endt et J. C. Kluyver, *Rev. Mod. Phys.*, 26, 1954, p. 108.
([8]) C. W. Li, *Phys. Rev.*, 88, 1952, p. 1038.

Il se confirme par conséquent ([9]), avec cette valeur de E = 3,65 MeV de ^{25}Na, qu'il n'existe pas pour ce nucléide à 14 neutrons d'anomalie « déficitaire » du même ordre de grandeur que celles de ^{28}Al et ^{29}Al. Comme par ailleurs ([10]) la transition ^{27}Mg—^{27}Al(noyau final à 14 neutrons) n'est pas non plus « excédentaire », on peut en conclure que si les anomalies $dE > 1,3$ MeV de ^{28}Al et ^{29}Al sont imputables à une couche de 14 protons, la couche saturée de 14 neutrons ne semble pas agir de même.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Utilisation d'un monochromateur à réseau concave en photochimie.* Note de MM. **Pierre Douzou** et **Simon Gerstenkorn**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'utilisation de raies de résonance pures comme source photochimique se heurte à des difficultés d'ordre expérimental : l'interposition de filtres atténue l'intensité de la source et n'élimine pas l'emploi d'un monochromateur à optique de quartz.

Ces difficultés nous ont incités à utiliser un réseau concave, fournissant un spectre pur d'intensité convenable et dépourvu de fond continu gênant.

L'adaptation du réseau à l'expérimentation photochimique nous a fait adopter une variante du montage fondamental de Rowland. En voici la description des parties essentielles (*fig.* 1).

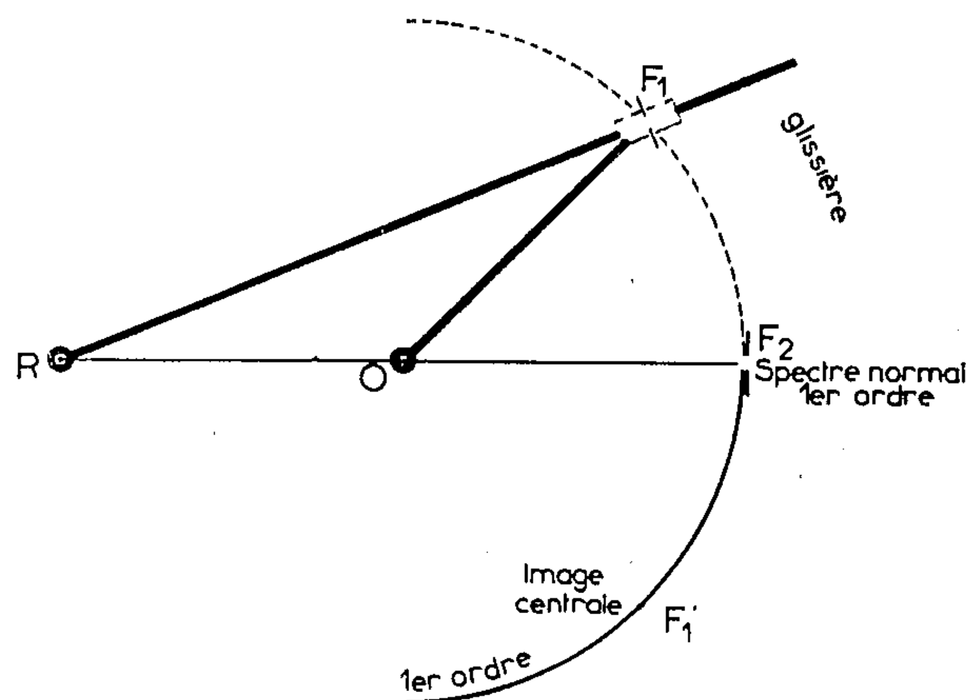


Fig. 1.

La fente d'entrée F_1 (solidaire d'une source amovible fixée sur un même plateau), le réseau R et la fente F_2 sont situés sur le cercle de Rowland.

Celui-ci est balayé par un bras, mobile autour du centre O, et dont la

([9]) Seidlitz, Bleuler et Tendam, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 861.

([10]) J. Benes, A. Hedgram et N. Hole, *Arkiv Mat. Astr. Fys.*, 35 A, n° 12, 1948.

longueur est invariable. Son extrémité libre coulisse dans une glissière de l'axe RF_1 mobile autour du réseau R, et dont la rotation permet de faire défiler le spectre devant la fente F_2, fixe, et située sur la normale au réseau.

La seule difficulté mécanique réside dans l'articulation des axes mobiles RF_1 et OF_1. On la surmonte aisément en faisant coulisser, au moyen d'une bague supportant le carter fente-source, l'extrémité du bras OF_1 sur l'axe RF_1.

Cette articulation permet d'obtenir un réglage automatique du monochromateur, la fente d'entrée étant toujours centrée sur le réseau, l'extrémité de l'axe RF_1 défile devant un tambour directement gradué en longueurs d'onde.

Les fentes F_1, F_2, le réseau R étant sur le cercle, on facilite la mise au point en accordant au réseau deux degrés de libertés, comme dans le montage de Eagle.

L'étalonnage du monochromateur s'effectue en substituant à la fente F_2 une plaque photographique enregistrant le spectre normal. Les dimensions de la plaque sont telles que toute la partie du spectre ainsi analysée est au point au second ordre près.

Il est indispensable de suivre les fluctuations de l'intensité de la source pendant la durée de l'irradiation.

Le réseau présente l'avantage d'éviter la séparation du faisceau lumineux, qui est de règle dans les monochromateurs à prismes. Nous suivons les variations d'intensité de la source, soit en observant l'image de la tache centrale, soit — ce qui est plus précis — en contrôlant l'intensité des raies du spectre symétrique du premier ordre.

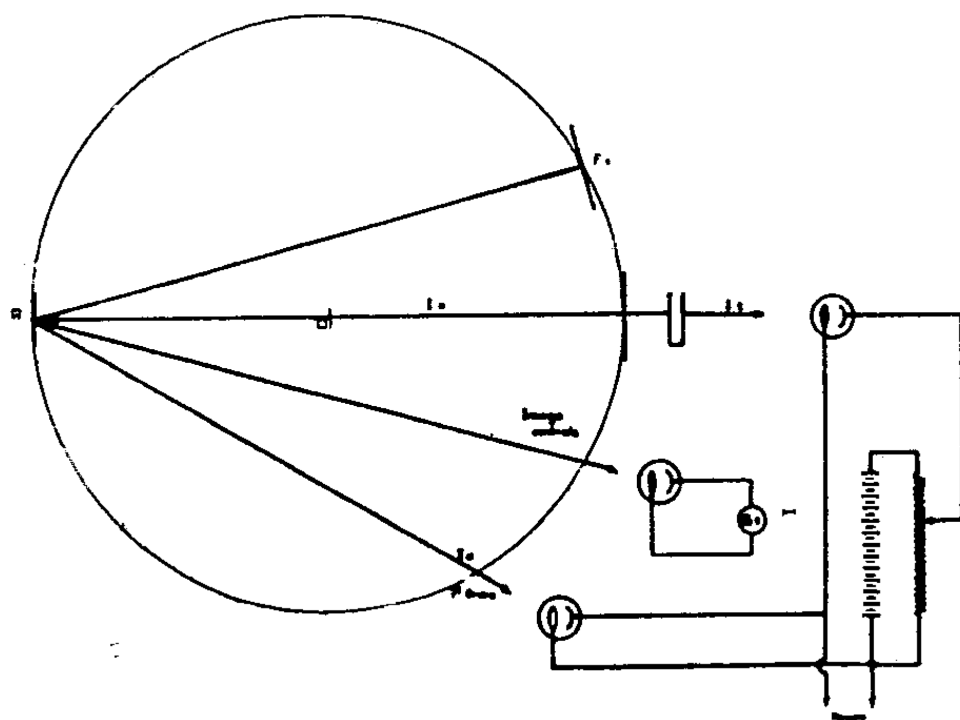


Fig. 2.

La figure 2 indique comment nous effectuons la mesure directe de la différence $I - I_0$ des intensités incidente et transmise.

Il résulte de ces dispositions une simplification des mesures et un gain de luminosité.

En plus des avantages déjà signalés, l'emploi du montage réalisé augmente les possibilités d'investigation photochimique, grâce au degré de dispersion obtenu, (18 Å/mm avec un réseau de 570 traits/mm, distance focale de 1 m), à l'intensité des raies isolées (8 % environ de l'intensité initiale) ainsi qu'à l'absence du fond continu.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La fréquence du groupement carbonyle dans l'acétophénone*. Note (*) de Mlle **Marie-Louise Josien** et M. **Jean Lascombe**, présentée par M. Paul Pascal.

Au cours de ces dernières années, les travaux analysant l'influence des solvants sur les vibrations de valence se sont multipliés ([1]), ([2]), ([3]), ([4]), ([5]). Nous rapporterons dans cette Note les premiers résultats d'une telle étude sur le vibrateur C=O, dans le cas de l'acétophénone.

Les solutions étaient environ 1/100[e] molaires, car la modification de fréquence par dilution progressive devient négligeable à partir de cette concentration. Les mesures ont été faites sur un spectromètre Perkin-Elmer à simple faisceau (modèle 12 C), monté avec un prisme de fluorure de calcium, et permettant une précision de lecture de $\pm 1\ \text{cm}^{-1}$.

Utilisant un mode de représentation dont nous avons déjà discuté l'intérêt ([6]), les abaissements relatifs de fréquence par rapport à la fréquence vapeur, $(\nu_v - \nu_s)/\nu_v$, sont portés dans le graphique ci-dessous en fonction de l'expression $(n^2-1)/(2n^2+1)$ (n, indice de réfraction du solvant). La fréquence vapeur de l'acétophénone a été prise, d'après Hartwell, Richards et Thompson ([7]), égale à $1\,707\ \text{cm}^{-1}$, valeur qui semble un peu trop basse, mais que nous n'avons pu encore vérifier faute d'une cellule chauffante. L'interprétation de ce graphique est analogue à celle que nous avons donnée précédemment; une étude détaillée en sera publiée ultérieurement ([6]).

En ce qui concerne l'acétophénone pure, notons dès maintenant que le point figuratif est relativement proche de la « droite de Kirkwood-Bauer ». C'est pourquoi l'abaissement de fréquence, $\nu_{\text{vapeur}} - \nu_{\text{liquide}}$, nous paraît imputable à un seul effet de polarisation électrostatique du milieu, les molécules ne s'associant pas et le vibrateur C=O demeurant libre même à l'état liquide. Cette hypothèse est confirmée par une étude de dilution dans le tétrachlorure de

(*) Séance du 28 juin 1954.

(1) West et Edwards, *J. Chem. Phys.*, 5, 1937, p. 14.

(2) Jones et Badger, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 3132.

(3) Tuomikoski, *J. Phys.*, 15, 1954, p. 318.

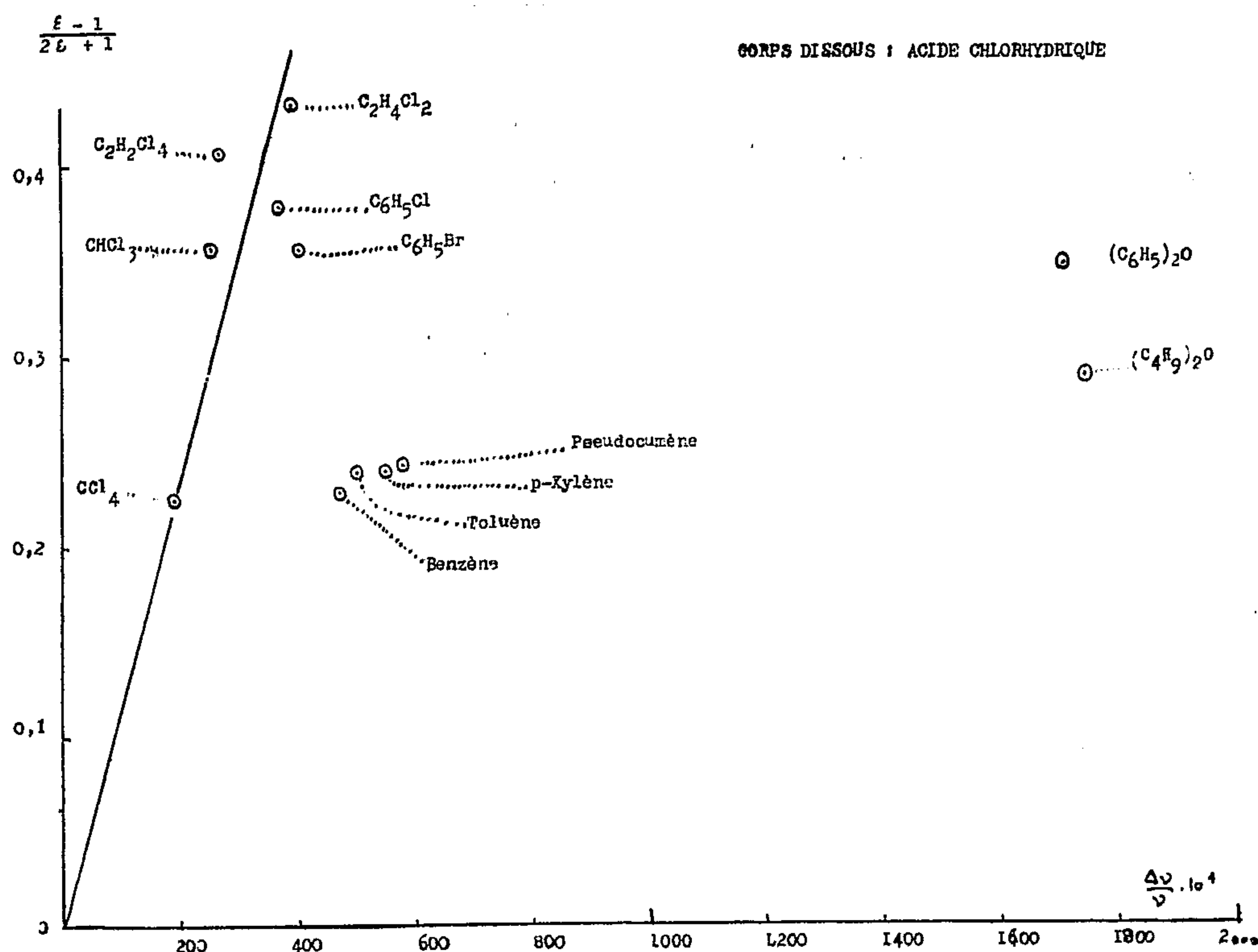
(4) Josien et Fuson, *J. Chem. Phys.*, 22, 1954 (sous presse).

(5) Josien et Fuson, *J. Chem. Phys.*, 22, 1954 (sous presse, lettre à l'éditeur).

(6) M.-L. Josien et J. Lascombe, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2414.

(7) *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 1436.

carbone : à aucun stade, la bande d'absorption ne se dédouble en laissant supposer l'existence d'une bande due à des molécules associées et d'une autre correspondant à des molécules libres. D'autre part, la fréquence infrarouge du



liquide (1 685 cm⁻¹) se trouve être pratiquement identique à la fréquence Raman (1 686 cm⁻¹) dans les mêmes conditions. La vérification de ce fait expérimental conduit à rejeter définitivement l'hypothèse d'un couplage par les C=O, qui avait été fondée sur une différence supposée entre ces fréquences ([8]).

Il est important de noter enfin que nous n'avons pas observé de structure pour la bande infrarouge du carbonyle, ni à l'état liquide, ni à l'état dissous ([8]).

PHYSIQUE DES MÉTAUX. — *Étude aux rayons* X *des phénomènes de réversion dans l'alliage aluminium-cuivre à* 4 % *de cuivre.* Note de MM. **René Graf** et **André Guinier**, présentée par M. Maurice Roy.

Le traitement de réversion provoque la dissolution des zones GP.1, mais n'a pas d'effet sur la phase θ″ produite antérieurement. Au cours du vieillissement subséquent la formation des zones est ralentie, mais le développement de θ″ est favorisé.

([8]) Gray, *J. Phys.*, 15, 1954, p. 200.

Lorsque après un premier vieillissement l'alliage aluminium-cuivre à 4 % de cuivre est soumis à une réversion (par exemple : chauffage de 4 mn à 205°), il revient à l'état mou. L'alliage réverti est susceptible de durcir à nouveau par vieillissement, mais avec une cinétique modifiée. Nous avons cherché à expliquer ces phénomènes par l'étude systématique des structures d'un monocristal d'aluminium-cuivre soumis à la réversion dans différents états connus et vieilli ensuite à diverses températures. Des essais de dureté étaient effectués parallèlement sur des échantillons polycristallins.

1° *Lorsque l'alliage ne contient que des zones* GP.1, le traitement de réversion a pour effet de faire disparaître complètement sur les diagrammes les traînées continues caractéristiques de ces zones. La structure de l'alliage est alors apparemment la même qu'après trempe, avec toutefois une quantité extrêmement faible de phase θ'. La réversion produit donc la dissolution des zones GP.1, d'où la disparition du durcissement. Au cours d'un nouveau vieillissement, on constate que les traînées réapparaissent, mais bien plus lentement que pendant le premier vieillissement, de même que la dureté croît plus lentement. La corrélation entre l'intensité des traînées et la dureté est évidente. Le tableau ci-dessous indique quelques résultats obtenus à différentes températures :

Température.	Durée du vieillissement avant réversion.	Durée de vieillissement donnant des traînées intenses.	
		après trempe.	après réversion.
25°............	72 h	24 h	> 1 mois
100°............	24 h	1 h	48 h
150°............	1 h	15 mn	5 h

A 150°, sur les nouvelles traînées apparaissent très rapidement les maximums d'intensité caractérisant la phase θ''. Le diagramme de cette phase devient net dès 24 h, alors qu'après trempe il faut 72 h pour arriver au même résultat. Après environ 100 h du nouveau vieillissement à 150°, nous avons observé des taches supplémentaires, que l'on peut interpréter en admettant pour l'axe *c* de la phase θ'' un paramètre de 15,2 Å, double du paramètre normal. La structure est certainement très voisine de θ'', mais l'empilement des plans (001) comporte un motif de huit plans au lieu de quatre. Nous n'avons jamais obtenu ces taches avec les alliages vieillis après trempe.

2° *Lorsque l'alliage contient en plus des zones* GP.1 *la phase* θ'', par exemple après 9 h à 150°, le traitement de réversion fait disparaître sur les diagrammes les traînées continues, mais les taches de θ'' restent, c'est-à-dire que seules les zones se dissolvent. Un nouveau vieillissement à 150° conduit alors à peu près directement au développement de θ'', avec les mêmes taches supplémentaires que précédemment, donc la même structure modifiée.

3° Enfin, *lorsque l'alliage contient uniquement la phase* θ'', par exemple après

72 h à 150°, le traitement de 4 mn à 205° ne change plus l'aspect du diagramme et la dureté ne varie pratiquement pas. Il n'y a plus à proprement parler réversion.

Ainsi, le traitement de réversion provoque la dissolution des zones GP.1, mais n'a pas d'effet sur la phase θ'' produite au cours du premier vieillissement. Les quelques rares précipités θ' formés pendant le court chauffage à 205° sont en quantité bien trop faible pour jouer un rôle.

Dans le vieillissement qui suit la réversion, il se produit de nouveau des zones GP.1 ou de la phase θ'', suivant la température, mais par rapport au vieillissement après trempe la formation des zones est ralentie. Nous proposons l'explication suivante : après réversion, les atomes de cuivre sont probablement répartis de façon plus homogène qu'après une trempe, et le réseau contient moins d'imperfections : il y a donc bien moins d'amorces de zones. A 150°, les atomes de cuivre, qui ne sont pas attirés comme dans le vieillissement normal par de nombreuses zones, viennent grossir les germes θ'', qui peuvent se former au-dessus de 100°. Ceux-ci prennent alors un développement plus considérable que dans le réseau normal après trempe. Cela explique qu'à 150° le maximum de dureté est atteint plus tôt après réversion qu'après trempe, alors qu'aux températures où le durcissement est dû aux zones GP.1, le traitement de réversion ralentit ce durcissement.

Nos expériences montrent que la phase θ'' ne résulte pas nécessairement d'une simple transformation des zones GP.1, car on peut l'observer en grande quantité même sans qu'elle soit précédée de zones en nombre important. Enfin, nous avons rencontré une nouvelle structure des ségrégations de cuivre dans l'aluminium, qui s'ajoute à celles qui ont déjà été signalées. Cela prouve le grand nombre de structures possibles qui ont des énergies à peu près semblables, mais des conditions de germination différentes, si bien que des traitements thermiques complexes réussissent à produire certaines d'entre elles, qui n'apparaissent pas dans les traitements usuels.

PHYSIQUE DES MÉTAUX. — *Sur la transformation allotropique du cobalt.* Note de MM. **Hervé Bibring** et **François Sebilleau**, présentée par M. Maurice Roy.

La transformation allotropique du cobalt s'effectue par une série de glissements le long des plans (0002) de la phase hexagonale β ou des plans (111) de la phase cubique α. Dans cette dernière, il existe quatre directions de plans qui peuvent être actifs. Un cristal hexagonal β transformé par chauffage en α aurait ainsi théoriquement la possibilité de redonner au refroidissement quatre cristaux hexagonaux différents.

Kehrer et Leidheiser ([1]) ont observé qu'un cristal unique de cobalt gardait son individualité après plusieurs cycles de transformation. Nous avons nous-mêmes constaté ([2]) que la texture d'écrouissage du cobalt laminé et recuit n'était pas modifiée par le passage de α en β.

L'examen micrographique de cobalt électrolytique et de cobalt refondu sous vide montre une sous-structure du grain. Celui-ci est fractionné en plaquettes minces, légèrement désorientées, dont les faces sont parallèles aux plans (0002) du réseau hexagonal (*fig.* 1). La cristallisation du cobalt α à partir de la phase

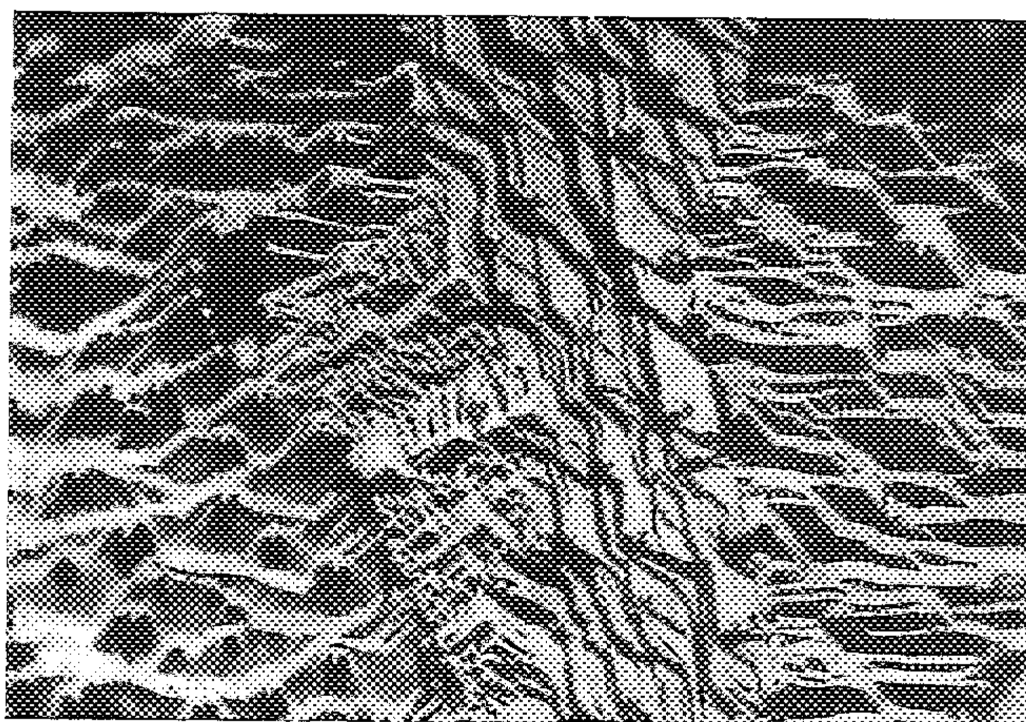


Fig. 1. — Cobalt électrolytique ($\times$ 1200) : attaque au réactif $FeCl_2$ (1 %) + HCl (5 %).

liquide semble donc s'effectuer suivant le mécanisme indiqué par Frank. Certains cristaux de cobalt refondu présentent d'ailleurs des figures qui paraissent en relation étroite avec des spirales de croissance (*fig.* 2).

La structure lamellaire du cobalt suggère l'existence à l'état α d'un seul plan actif pour la transformation : les glissements se produisant parallèlement au plan des plaquettes plutôt que dans les autres plans possibles. Normalement, dans le cas des cristaux cubiques les quatre plans (111) sont également actifs. Un glissement effectué sur l'un d'eux est bien l'amorce d'un empilement hexagonal, mais un nouveau glissement débutant sur un plan (111) d'orientation différente ne pourra pas traverser la région hexagonale précédemment formée et la transformation $\alpha \rightarrow \beta$ se trouve ainsi bloquée.

Une structure lamellaire de la phase cubique rendrait donc cette transformation plus facile. En fait, le cobalt (électrolytique ou refondu) qui présente une telle structure est toujours sous forme hexagonale à température ambiante.

([1]) *J. Chem. Phys.*, 21, 1953, p. 570.

([2]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1026.

L'idée que l'on se fait du mécanisme de la transformation est confirmée par l'expérience suivante.

L'examen aux rayons X d'un cobalt électrolytique écroui dénote la présence des seules raies de diffraction du réseau hexagonal. Si l'on porte un tel métal à une température supérieure à 350° C, mais cependant inférieure à la température de transformation, on constate l'apparition des raies de la phase cubique.



Fig. 2. — Cobalt refondu sous argon (× 900) : attaque anodique en sol. HCl à 5 %.

Les parties du réseau cristallin les plus perturbées fournissent sous forme d'énergie élastique la différence d'énergie libre entre les phases cubique et hexagonale. Le même métal, après un cycle de transformation, présente à froid la même quantité de phase cubique. Si l'on prend soin de recuire le métal en évitant la formation de phase cubique avant la transformation (par chauffage prolongé à 300 et 380° C), on obtient un cobalt complètement hexagonal, gardant la même taille de grain, mais exempt de phase cubique à froid après un cycle de transformation.

L'existence d'un seul plan de glissement dans le cobalt hexagonal et la nature de sa texture d'écrouissage [2] indiquent que la structure lamellaire se conserve par déformation plastique. Dans les régions où cette structure se trouvera détruite, la transformation $\alpha \to \beta$ sera incomplète. C'est précisément le cas des domaines recristallisant en phase cubique à une température inférieure à celle de la transformation.

Il semble donc que l'influence de la taille du grain ne rende pas suffisamment compte de l'existence de la phase cubique dans le cobalt à la température ambiante et qu'il y ait lieu de faire intervenir la forme des sous-grains.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Efficacité des colonnes à plateaux perforés de laboratoire.* Note (*) de M. **Edgar Chahvékilian**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons déterminé certaines caractéristiques de colonnes à distiller de laboratoire (colonnes à plateaux perforés système Desseigne). Nous avons constaté une variation importante de l'efficacité en fonction du débit, et une influence non négligeable de la composition du mélange distillé.

La colonne que nous avons expérimentée fait environ 30 mm de diamètre intérieur, et comporte douze plateaux perforés distants de 45 mm les uns des autres. Chaque plateau est percé de dix trous, de 1,5 mm de diamètre, distribués symétriquement autour d'un rétrogradeur central; il comporte, en outre, une cloche dont le rôle est de limiter le primage. Pour compenser les échanges thermiques avec l'extérieur, nous avons muni la colonne d'un manteau chauffant maintenu à la température de la vapeur à l'entrée du déphlegmateur.

Nous avons déterminé l'efficacité de cette colonne en utilisant le mélange d'étalonnage tétrachlorure de carbone-benzène. Après environ 5 h de fonctionnement sous reflux total, nous prélevions 1 à 2 cm^3 de liquide aux extrémités de la colonne, en maintenant un taux de reflux suffisamment élevé pour que l'équilibre ne soit pas détruit. La composition des échantillons ainsi obtenus était déterminée à l'aide d'un réfractomètre d'Abbe, et le nombre de plateaux théoriques calculé d'après le tableau établi par A. et E. Rose pour le mélange tétrachlorure de carbone-benzène ([1]).

De cette façon, nous avons pu étudier l'influence du débit sur l'efficacité pour différentes valeurs de la composition de la charge.

Nous reproduisons, sur la figure ci-dessous, en coordonnées logarithmiques, les résultats relatifs à quatre séries d'expériences, dont chacune se rapporte à une valeur moyenne donnée de la composition de la vapeur à l'entrée de la colonne. Nous avons porté en abscisses le débit molaire par heure, et en ordonnées le nombre de plateaux théoriques n_p,

La figure montre que l'efficacité de la colonne expérimentée varie beaucoup avec le débit. Pour des valeurs de ce dernier comprises entre 5,5 et 16 moles/h, les points représentatifs d'une série de mesures s'alignent très sensiblement. Les pentes des différentes droites obtenues sont pratiquement les mêmes, et sont très voisines de — 0,5.

Dans l'intervalle considéré, l'efficacité est donc inversement proportionnelle

(*) Séance du 21 juin 1954.

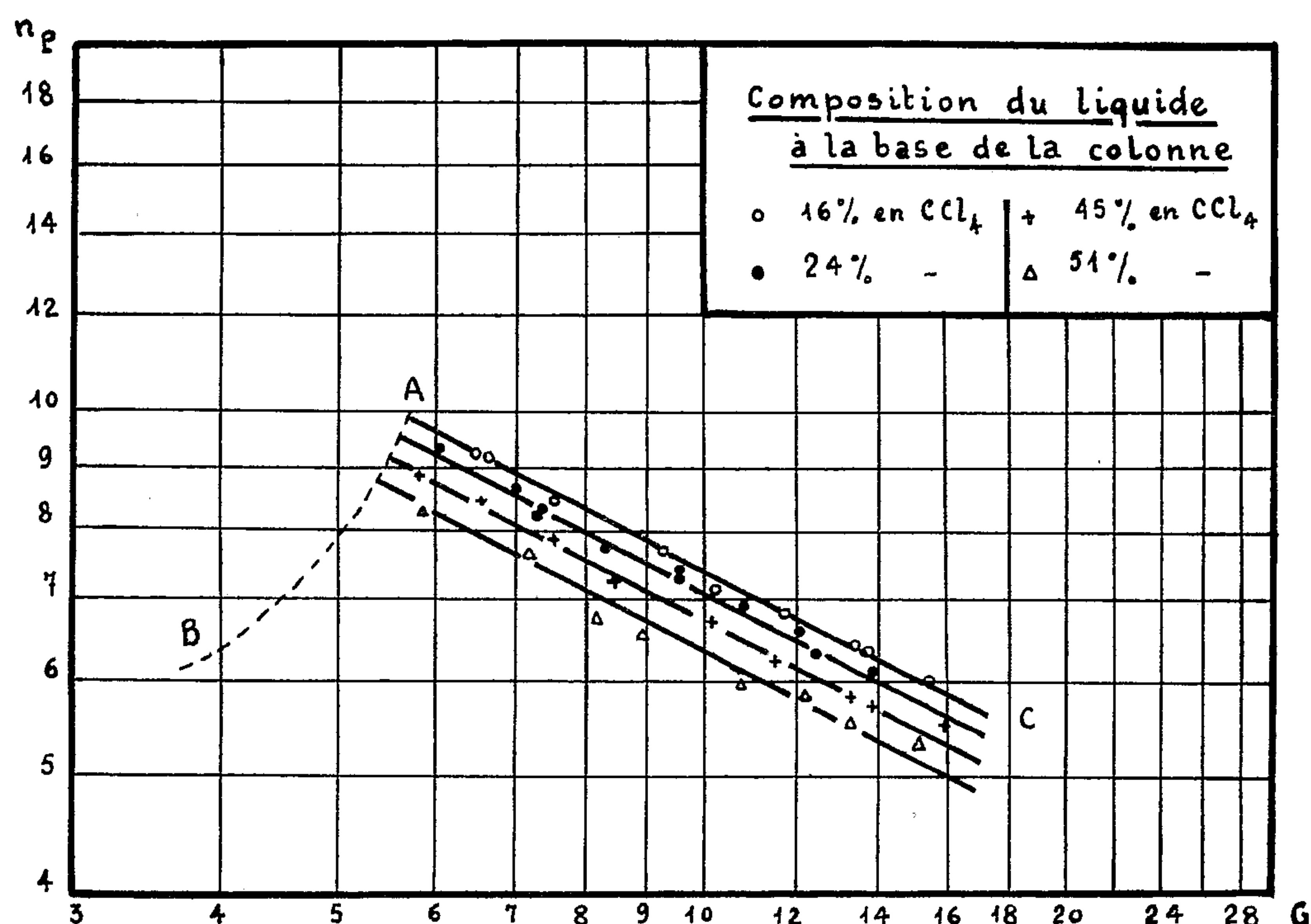
([1]) *Distillation*, A. Weissberger, interscience Publ., Londres, 1951, p. 73 et 74.

à la racine carrée du débit G. La loi de variation est de la forme

$$n_p = A\,G^{-0,5}, \qquad (1)$$

A étant un coefficient ne dépendant pas du débit G.

Nous pensons que la décroissance de l'efficacité aux débits élevés est due, en grande partie, au primage que la cloche ne parvient pas à empêcher complètement. L'importance de ce phénomène étant fonction des caractérisques de



chaque appareil, et en particulier de la distance entre les plateaux, il est difficile d'établir une loi générale. Dans le cas des colonnes industrielles, il semble que l'efficacité soit beaucoup moins influencée par le débit; d'après certains auteurs ([2]), elle n'en dépendrait pratiquement pas. A notre avis un tel résultat ne peut être valable que pour un intervalle très limité du débit.

D'ailleurs la loi (1) ne s'applique pas aux très faibles débits, pour lesquels la variation de l'efficacité change brusquement de sens, et les mesures deviennent difficilement reproductibles. Cela s'explique par le changement du régime de fonctionnement de l'appareil : l'observation de la colonne permet de voir que certains plateaux ont alors tendance à se vider, et que le

---

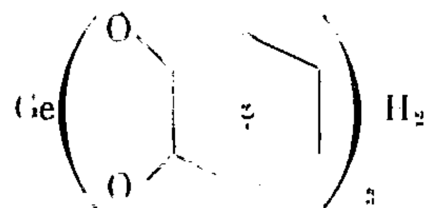
([2]) F. D. Mayfield, W. L. Church, A. C. Green, D. C. Lee et R. W. Rassmussen, *Ind. Eng. Chem.*, 44, 1952, p. 2238-49.

nombre de tels plateaux est d'autant plus grand que le débit est plus faible. Cela est dû au mauvais calibrage des trous, pratiquement inévitable pour une colonne en pyrex de dimensions aussi réduites.

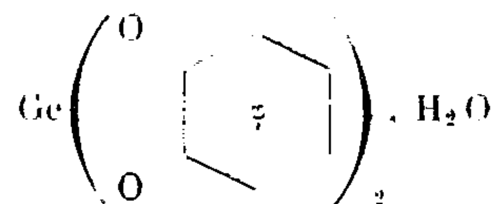
Quant au coefficient A de la relation (1), il dépend de la composition du mélange : il diminue légèrement quand le titre en tétrachlorure de carbone augmente. Le nombre de plateaux théoriques semble donc dépendre de certaines propriétés physiques de la vapeur, telles que sa densité ρ et sa viscosité μ. D'après Kirschbaum ([3]), il ne serait pas uniquement fonction de la vitesse u de la vapeur, mais plutôt du facteur $F = u\rho^{1/2}$. Si l'on porte en abscisses F au lieu de G, les droites AC de la figure tendent effectivement à se confondre. Mais, pour le mélange étudié, on obtiendrait pratiquement le même résultat en prenant pour variable le nombre de Reynolds, qui, pour une colonne donnée, est proportionnel à $u\rho/\mu$. Ce point de vue semble plus rationnel parce qu'il fait intervenir la viscosité dont le rôle ne peut être négligé ([4]).

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Réactifs et complexes organo-métalliques du germanium.* Note (*) de M. **Pierre Bévillard**, transmise par M. Paul Pascal.

Les solutions d'oxyde de germanium réagissent avec les *o*-diphénols de faible masse moléculaire en donnant deux classes de composés ([1]) :
les acides phénolgermaniques solubles :



et les germanidiphénols insolubles :



Avec un ortho-diphénol de masse moléculaire élevée, comme le dihydroxyazobenzène, on obtient au contraire un précipité dont la composition correspond à l'acide phénolgermanique et non au germanidiphénol.

L'étude suivante justifie l'existence de cet acide complexe. L'analyse est

---

([3]) *Distillation and Rectification*, E. Kirschbaum, Chem. Publ. Co, New York, 1948.

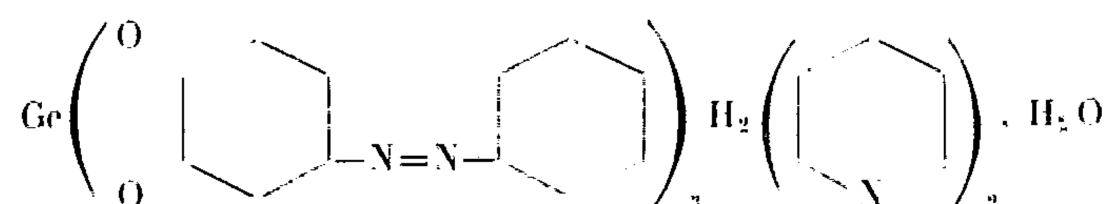
([4]) *Chemical Engineering Handbook*, Perry, Mc Graw-Hill Book Co, New York, 1950, p. 612.

(*) Séance du 17 mai 1954.

([1]) Bévillard, *Bull. Soc. Chim.*, n° 3-4, 1954, p. 296.

impuissante, par la précision de ses résultats, à démontrer la présence des deux atomes d'hydrogène ionisables, mais nous avons pu isoler un sel dérivant du diacide phénolgermanique.

L'acide dihydroxy-3.4 azobenzènegermanique, soigneusement purifié par recristallisation dans un mélange d'eau et d'alcool, se présente sous forme d'une poudre cristalline à reflets verts. Dissoute dans l'alcool, elle est traitée par un excès de pyridine; on distille la majeure partie de l'alcool et obtient après refroidissement des cristaux à reflets verts, qui sont recristallisés dans l'alcool. L'analyse leur assigne la formule



Calculé %, C 62,23; H 4,28; N 12,62; GeO_2 11,8; trouvé %, C 62; H 4,66; N 12,64; GeO_2 12.

Lorsqu'on traite par la soude un mélange de solutions de dihydroxy-3.4 azobenzène-sulfonate de sodium et d'oxyde de germanium, l'étude du pH montre que deux molécules de soude correspondent à trois molécules de colorant et à un atome de germanium, ce qui s'explique par la formation du sel $Ge(O_2C_6H_3N{=}NC_6H_4SO_3Na)_3Na_2$; le sel de pyridine a été également isolé.

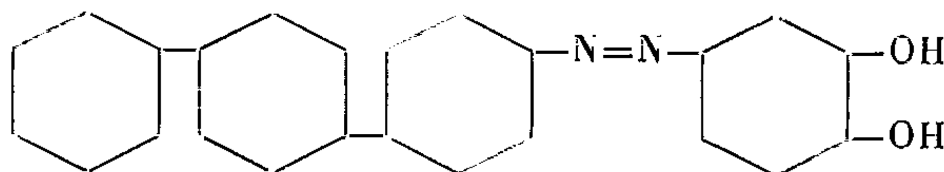
Nous avons également cherché à vérifier si les ortho-diphénols de poids moléculaire élevé ne donnaient pas lieu à la formation de germanidiphénol dans quelques cas particuliers. Bien qu'un tel composé se forme probablement lorsque l'oxyde de germanium réagit en milieu acide avec la purpurogalline, nous avons tenté en vain d'isoler un composé défini. Le précipité rouge obtenu est soluble dans l'acide sulfurique froid d'où on peut le reprécipiter par l'eau. En recommençant l'opération plusieurs fois on obtient un dérivé titrant 17 % environ en oxyde de germanium et 49 % en carbone. Le germanidiphénol correspondrait à des pourcentages respectifs de 19,1 et 48,2 %. Plusieurs échantillons purifiés de manière différente ont été analysés. La proportion d'oxyde varie entre 17 % et 21 % et celle du carbone entre 47 et 49 %.

La propriété de caractériser le germanium étant commune à tous les ortho-diphénols, nous avons fait la synthèse d'un nouveau colorant dans l'espoir d'améliorer encore la sensibilité de la réaction : c'est le dihydroxy-3.4 phénylazoterphényle.

Cinq grammes de *p*-aminoterphényle sont dissous dans 50 cm^3 d'acide acétique concentré et diazotés par la quantité théorique de nitrite de sodium dissoute dans très peu d'eau. La liqueur brun rouge obtenue est filtrée puis versée goutte à goutte dans une solution aqueuse de pyrocatéchol et d'acétate d'ammonium. Il se forme un précipité orangé puis brun foncé; on l'essore, puis

le reprend par l'alcool et le reprécipite par l'eau. Il est recristallisé dans l'alcool et on l'obtient sous forme d'une poudre brun rouge clair.

L'analyse lui assigne la formule



Calculé : C 78,69; H 5,02; N 7,65. Trouvé : C 78,48; H 4,92; N 6,91.

On remarque une certaine erreur sur le dosage de l'azote, déjà observée avec des azoïques de poids moléculaires élevés.

La solution alcoolique du colorant est jaune à orangée; elle doit être fortement acidifiée pour la recherche du germanium; la coloration rouge fait place à un précipité bleu violet; en diluant la solution chlorhydrique par l'eau, la réaction est d'autant plus visible. Le colorant formé est soluble en rouge dans le nitrobenzène. Il peut détecter le germanium jusqu'à la concentration de 1 à 2 mg par litre.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques réactions entre le peroxyde de sodium et différents oxydes à l'état solide* II. Note de M[me] **Micheline Viltange** (1), présentée par M. Louis Hackspill.

Étude par spectrographie infrarouge des réactions des oxydes de titane, uranium, germanium et antimoine par chauffage à la thermobalance de ces oxydes avec le peroxyde de sodium.

Poursuivant l'étude de l'attaque d'oxydes métalliques et d'anhydrides d'acides par la peroxyde de sodium Na_2O_2, qui a déjà fait l'objet d'une première communication (2), nous examinons maintenant les réactions à l'état solide entre la peroxyde de sodium et l'oxyde de titane TiO_2 artificiel, le rutile, l'anatase et la brookite, les oxydes d'uranium UO_3, U_3O_8, U_3O_7, UO_2, le bioxyde de germanium GeO_2 et l'anhydride antimonieux Sb_2O_3.

Nous avons recueilli les substances préparées au cours ou en fin de chauffage linéairement croissant, à raison de 300° par heure, sur une thermobalance et les avons examinées par spectrographie d'absorption infrarouge, dans la région de 6 à 15 μ.

Attaque des oxydes de titane naturels et artificiel. — Rappelons que la réaction avec l'oxyde artificiel, décelée par le dégagement d'oxygène, débute à 250° et s'accélère parfois vers 310° en présence d'un excès de peroxyde. L'attaque du rutile de Saint-Yrieix, de l'anatase d'Espagne et de la brookite-arkensite de

(1) (Née Micheline Jacquinot).

(2) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 105.

Magnet-Cove a lieu à plus haute température respectivement à 310, 310 et 317°, quand le peroxyde de sodium commence à se décomposer spontanément.

Par comparaison entre les bandes d'absorption du spectre du corps préparé à partir de l'oxyde artificiel :

800(f), (852-866), 909(f), 1010(aF), 1034(m), (1070), 1116(tf), (1463) cm^{-1},

et celles du chromate de sodium recristallisé :

824, 861-869, 893, 912, 1036-1070-1094, 1122 cm^{-1},

nous pouvons lui attribuer la formule d'un orthotitanate TiO_4Na_4. (Les bandes à 852, 866, 1070 et 1463 cm^{-1} indiquent la présence inévitable de traces de carbonate de sodium.)

Les titanates préparés par attaque du rutile, de l'anatase et de la brookite fournissent des spectres incomplets, probablement en raison des faibles rendements de ces trois réactions, pour les proportions moléculaires utilisées :

par attaque du rutile : 774(f), (852, 880), 915(f), 972(af), 1 380(m), (1 471) cm^{-1} ;
par attaque de l'anatase : 772(f), (866, 883), 918(f), 972(af), 1 380(m), (1 463) cm^{-1} ;
par attaque de la brookite : 845(?f), (866, 883), 918(f), 957(m), 1 380(m), (1 463) cm^{-1}.

Dans l'état actuel des travaux, nous ne pouvons affirmer que ces bandes correspondent à la formule TiO_4Na_4.

Attaque des oxydes d'uranium. — Les courbes de chauffage des oxydes UO_3, U_3O_8, U_3O_7 en présence du peroxyde de sodium indiquent que les réactions débutent respectivement à 229, 182 et 300°. L'oxyde UO_2 réagit sans dégagement d'oxygène de la part du peroxyde, ce qui ne nous permet pas d'indiquer la température de début de réaction.

Les quatre corps ainsi préparés présentent des spectres sensiblement identiques :

par attaque de UO_3 : 746(?f), 781(f), 824(m, large), (861, 900), 1 013(m), 1 034(m), (1 071), 1 118(af), (1463) cm^{-1} ;
par attaqne de U_3O_8 : 736(af), 780(f, large), 800(f), 830(af), (864), 1 010(m), (1 066), 1 116(?, af) cm^{-1} ;
par attaque de U_3O_7 : 774(f), 820(f, large), (869, 900), 1 074(aF), (1 475) cm^{-1} ;
par attaque de UO_2 : 774(f), 824(m, large), (867, 881), 915(f), 972(?, f), 1 010(f), 1 034(f), (1 074), 1 157(m), (1 471) cm^{-1},

qui peuvent correspondre aux vibrations du groupement UO_4. Cependant, il nous manque des spectres de comparaison pour l'affirmer avec plus de certitude.

Le précipité donné par la soude et une solution d'un sel d'uranium VI ne possède aucune bande dans la région du sel gemme, ce qui exclut l'existence d'un uranate du type UO_4Na_2.

Attaque du bioxyde de germanium. — La réaction entre le peroxyde de sodium et le bioxyde de germanium GeO_2 commence à 269° avec un déga-

gement lent d'oxygène qui s'accélère temporairement à 308°. Le produit résultant est en grande majorité formé de molécules GeO_4Na_4, mais au cours du temps, il se transforme partiellement en une autre forme, en métagermanate GeO_3Na_2 :

germanate nouvellement préparé : 760 (tf), 816 (f), 835 (f), (851, 880, 897), 1010 (f), 1034 (f), 1110 (aF), 1163 (?, f), (1469) cm⁻¹;

germanate au bout de trois mois : 760 (m, large), 818 (f), 839 (f, large), (883), 909 (f), 1116 (m), 1390 (m), (1475) cm⁻¹.

L'importance prise par les bandes à 760 et 839 montre cette transformation. Notons que le bioxyde de germanium présente des bandes à 840, 883 et 962 cm^{-1}, ce qui semble exclure une formule moléculaire simple.

Attaque de l'anhydride antimonieux. — De 183 à 300-350°, le peroxyde de sodium réagit sur l'anhydride antimonieux Sb_2O_3, en laissant se dégager un atome d'oxygène par mole d'anhydride. L'antimonite formé est stable jusque vers 400°. A cette température et jusque vers 650°, il s'oxyde spontanément à l'air seul en antimoniate, tout excès de peroxyde de sodium (deux moles pour une d'anhydride initial) n'intervenant pas.

L'antimonite, premier stade de la réaction, ne donne pas de bandes dans la région étudiée, ce qui semble exclure une formule définie. Par contre, l'antimoniate (*a*) présente des bandes comparables à celles du méta-antimoniate SbO_3Na (*b*) obtenu par chauffage de l'antimoniate $[Sb(OH)_6]Na$ précipité en milieu aqueux ([2]) :

(*a*) (854, 883), 918 (f), 975 (f), 1010 (f), 1032 (m), 1116 (m), 1384 (m), (1469) cm^{-1};

(*b*) 710, 1017, 1031, 1127, 1454, 1512 cm^{-1}.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du* N-*bromophtalimide sur les carbures éthyléniques*. Note (*) de M. **Jean-Claude Traynard**, présentée par M. Marcel Delépine.

La bromuration en α d'une double liaison d'un carbure éthylénique, au moyen des bromoimides, a donné lieu à de nombreux Mémoires parmi lesquels celui de Ziegler ([1]), note la formation d'un composé d'addition du cyclohexène et du N-bromophtalimide, qu'il obtient avec un rendement de 10 % par rapport au bromoimide mis en jeu.

Nous avons repris ce travail en vue d'augmenter ce rendement malgré le Mémoire de Kharasch et Priestley ([2]) affirmant qu'il est impossible

([2]) T. Dupuis, *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, 71, 1952, p. 111 et *Thèse de Doctorat*, Paris, 20 mars 1954.

([1]) *Annalen der Chem.*, 80, 1942, p. 551

([2]) *J. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 3425.

d'additionner le N-bromophtalimide sur les doubles liaisons éthyléniques.

Pour éviter les réactions de substitution, nous avons agi sur les facteurs suivants :

1° absence de peroxydes organiques qui favorisent remarquablement les phénomènes de substitution;

2° absence de rayons ultraviolets;

3° température aussi basse que le permet une vitesse de réaction raisonnable.

Si l'on opère avec des produits bien secs, un carbure fraîchement distillé sur sodium, c'est le facteur température qui semble avoir une action prépondérante.

En laissant en contact pendant 10 à 15 jours, à 30°, 250 cm^3 de cyclohexène et 100 g de bromoimide finement pulvérisé, on obtient le produit d'addition de ces deux corps avec un rendement de 30 à 35 % par rapport à l'imide.

Le produit se présente sous la forme de cristaux hexagonaux fondant à 132°,5, très solubles dans l'acide acétique cristallisable, toluène, alcool, chloroforme; peu soluble dans l'alcool froid et insoluble dans l'éther de pétrole.

Analyse : azote trouvé : 4,54; théorique : 4,50; brome trouvé : 25,6; théorique : 26.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La photooxydation du diphényl-*6.13 *pentacène et du tétraphényl-*5.7.12.14 *pentacène.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **Claude Beauvois**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Étude de la photooxydation et de la propriété de l'union labile de l'oxygène au carbone chez le diphényl-6.13 pentacène et le tétraphényl-5.7.12.14 pentacène.

Nous avons jugé bon de reprendre l'étude de la photooxydation du diphényl-6.13 pentacène, I, et du tétraphényl-5.7.12.14 pentacène, V, déjà publiée par Allen et Bell (1), afin de vérifier certains résultats indiqués qui ne nous paraissaient pas en accord avec les conceptions déduites des recherches faites jusqu'à ce jour sur la photooxydation et la propriété de l'union labile de l'oxygène au carbone chez les acènes.

a. Le diphényl-6.13 pentacène, I, que l'on peut considérer comme le dibenzologue linéaire symétrique du mésodiphénylanthracène, donne, d'après ces auteurs, un photooxyde, II, dans lequel l'oxygène, fixé en 6.13, n'est pas

(*) Séance du 21 juin 1954.

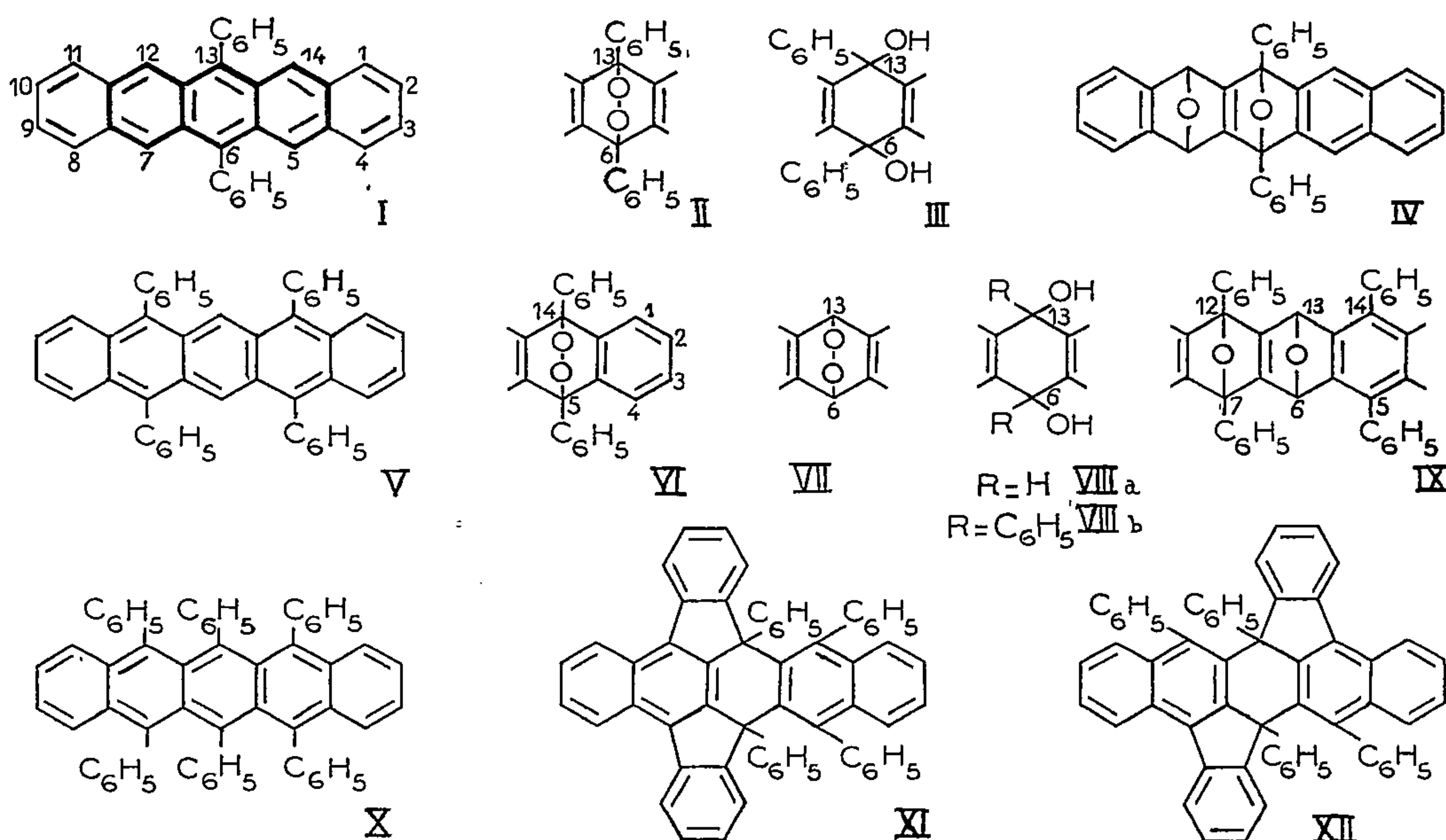
(1) C. F. H. Allen et Alan Bell, *J. Amer. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 1253.

(2) A. Étienne, *Traité de Chimie organique* de V. Grignard, XVII, 1949, p. 1324.

libéré par thermolyse; ce dernier résultat nous a paru surprenant, étant donnée la parenté de ce photooxyde, II, avec celui du mésodiphénylanthracène, pour lequel l'oxygène est libéré avec un rendement presque quantitatif.

L'hydrocarbure I, F_{inst} 328° ($F_{A. et B.}$ 318-320°), a été préparé par réduction (IK acétique) des deux stéréoisomères du quinol, III, $C_{34}H_{24}O_2$: F_{inst} 305-306°, et F_{inst} 349°, obtenus par action du phényllithium sur la pentacène-quinone-6.13. La photooxydation (solution dans CS_2) donne un photooxyde $C_{34}H_{22}O_2$, F_{inst} 210-212° ($F_{A. et B.}$ 221-222°), ayant la structure annoncée par les auteurs comme l'a prouvé le spectre d'absorption ultraviolette qui est analogue à celui des deux stéréoisomères du quinol correspondant III.

La thermolyse du photooxyde (180 à 220°), n'a pas donné d'oxygène, mais nous a fourni un corps isomère, incolore, $C_{34}H_{22}O_2$, F_{inst} 248-250°, non mentionné par les auteurs, et relativement stable aux agents chimiques, les réducteurs en particulier. Son spectre d'absorption ultraviolette nous permet de penser que l'on a affaire à un isooxyde du même type que les isooxydes de rubrène; ce serait ici le di-époxy-6.13.7.12 tétrahydro-6.7.12.13 diphényl-6.13 pentacène, IV.



b. D'après Allen et Bell l'irradiation du tétraphényl-5.7.12.14 pentacène, V, (en solution dans le benzène) donnerait le photooxyde VI avec pont oxygène en 5.14. Nous avions déjà émis des doutes ([2]) sur la validité de cette structure et, nous avions indiqué, sans fournir de preuves il est vrai, que l'oxygène devait être fixé en 6.13 comme dans le cas du diphényl-6.13 penta-

cène, I, et du pentacène lui-même (structure VII). Nous apportons maintenant des arguments en faveur de cette hypothèse.

Auparavant, signalons que nous avons préparé l'hydrocarbure V d'une manière inédite. La tétraphényl-5.7.12.14 pentacènequinone-6.13, a été réduite (Zn cuivré + soude 2 N dans cellosolve-xylène) en l'isomère *cis* du quinol correspondant, VIII*a*, $C_{46}H_{32}O_2$, F_{inst} 420° (bloc d'or). Ce corps est réduit ensuite (IK acétique) en tétraphénylpentacène, V, $C_{46}H_{30}$, F_{inst} 410° (bloc d'or) ($F_{A. et B.}$ 306-308°).

La photooxydation (en solution dans CS_2 ou C_6H_6) a donné un produit incolore, $C_{46}H_{30}O_2$, F_{inst} 310° ($F_{A. et B.}$ 250°), auquel nous attribuons la structure VII; celle-ci s'accorde, en effet, avec l'aspect du spectre d'absorption ultraviolette, très voisin de celui du quinol, et avec le fait que ce photooxyde peut être lui-même transformé en le quinol, VIII *a* (F_{inst} 420°), par réduction prolongée au moyen du zinc et de la soude.

La thermolyse du photoxyde VII (220 à 340°), n'a pas fourni d'oxygène, mais a donné un corps incolore, isomère, que nous supposons être, comme ci-dessus, un isooxyde, soit ici : le di-époxy-6.13.7.12 tétrahydro-6.7.12.13 tétraphényl-5.7.12.14 pentacène, IX, $C_{46}H_{30}O_2$, F_{inst} 316-317°.

Il importe de remarquer que le tétraphénylpentacène, V, se photooxyde très rapidement. C'est même l'acène le plus photooxydable trouvé jusqu'à présent. On a, en effet, comparé sa vitesse de photooxydation avec celle d'autres corps très photooxydables, par la mesure du temps nécessaire à la décoloration complète de solutions de même concentration dans le sulfure de carbone (1/1000); le classement suivant a été établi : tétraphénylpentacène (55 s), diphényl-10.10' hélianthrène (6 mn), hétérocœrdianthrone (5 mn), diphénylpentacène (6 mn).

De plus, on peut dire que la photooxydabilité des pentacènes paraît plus rapide que celles des naphtacènes, laquelle serait supérieure à celle des anthracènes.

c. Il aurait été intéressant d'étudier la photooxydation de l'hexaphényl-5.6.7.12.13.14 pentacène, X, que l'on pensait pouvoir obtenir facilement à partir de la tétraphényl-5.7.12.14 pentacènequinone. Celle-ci donne bien, en effet, avec le phényllithium les deux stéréoisomères *cis* et *trans* du quinol VIII*b*, $C_{58}H_{40}O_2$, F_{inst} 385 et 392°, mais les essais de réduction de ceux-ci en l'hexaphénylpentacène n'ont pas abouti. Les corps ne sont pas attaqués à froid par les réducteurs alcalins ou neutres (NaHg + alcool, H_2 + Ni Raney ou Pd). Les réducteurs acides et, plus simplement, les acides forts les transforment rapidement en un hydrocarbure jaune (solutions fluorescentes), $C_{58}H_{36}$, F_{inst} 453° (bloc d'or). Nous pensons que ce produit provient de la déshydratation cyclisante des quinols et nous lui attribuons l'une ou l'autre des structures XI et XII, la seconde nous paraissant toutefois la plus probable.

GÉOLOGIE. — *Sur le Pliocène du bas Oum er Rbia (Maroc occidental).*
Note de M. **Marcel Gigout**, présentée par M. Paul Fallot.

Il est établi que la mer pliocène a couvert la majeure partie de la méséta côtière marocaine. L'Oum er Rbia qui traverse celle-ci en vallée encaissée de Bou Laouane à Azemmour fournit une coupe excellente. Entre Daourat et Sidi Saïd Maâchou l'oued suit le *monoclinal de Daourat* (1), flexure atténuée qui imprime au Trias et au Crétacé inférieur des pendages atteignant souvent une vingtaine de degrés. Il y a discordance, par endroits, entre le Trias et le Crétacé. Le Pliocène est à son tour intéressé par cet accident.

En amont du monoclinal de Daourat (région de Bou Laouane) les faciès du Pliocène s'ordonnent en fonction du cours actuel de l'Oum er Rbia : dans l'axe de la vallée des alluvions grossières sont parfois conservées entre les méandres; sur les côtés la base est un conglomérat où des coquilles, Huitres et Pectinidés surtout, marquent les influences marines, tandis que le sommet reste alluvial; plus à l'écart, ce sont des grès calcaires marins, un peu conglomératiques à la base, recouverts de dunes consolidées ou de limons anciens.

Passons au monoclinal. Au douar Chouhaba on voit apparaître un témoin de Pliocène marin, à *Rotuloidea fimbriata* Eth., débris d'Huîtres, Pectinidés, Balanes, de faciès identique aux lumachelles du Jorf el Youdi (Safi), concordant au Néocomien et coupé en biseau par le Pliocène fluvio-marin habituel, lui-même légèrement incliné à l'Ouest. La discordance dans le Pliocène est de 15°.

A Sidi bou Mehali le même Pliocène marin renferme : *Ostrea lamellosa* Broc., *Pecten benedictus* Lmk, *Flabellipecten planomedius* Sacco, *F. gentili* Dep. Rom., *F. fraterculus* Sow., *Balanus concavus* Bronn. Il est légèrement discordant sur le Néocomien, incliné à 20°, coupé en biseau très aigu par le Pliocène fluvio-marin; celui-ci est plus incliné à la base qu'au sommet, plus épais que de coutume et conserve plus tardivement des influences marines.

Au Nord, le monoclinal de Daourat est relayé par la large gouttière synclinale de l'Aïn Talmest, où se sont accumulés, en épaisseur double de la normale, d'abord des sédiments marins terrigènes fins, puis les alluvions de l'Oum er Rbia.

La tectonique a donc entretenu pendant tout le dépôt du Pliocène fluvio-marin une légère subsidence qui influençait directement la sédimentation.

(1) M. Gigout, *Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 86, 1951, p. 254.

L'unité reconnue du cycle pliocène sur l'ensemble de la méséta côtière nous interdit d'expliquer les observations résumées ci-dessus par deux transgressions distinctes. J'avais déjà émis l'hypothèse que le conglomérat fluvio-marin de l'Oum er Rbia ne représente que la phase régressive du Pliocène (*op. cit.*, p. 142); l'hypothèse se confirme par la découverte du Pliocène marin de transgression, conservé à la faveur du monoclinal. D'où le schéma suivant : *première phase*, la transgression pliocène a parachevé une plate-forme d'abrasion, puis déposé des sédiments marins qui ont par endroits le faciès de lumachelle du Jorf el Youdi, ailleurs un faciès banal de calcaire gréseux; on ne connait pas de traces de l'Oum er Rbia à cette époque. *Deuxième phase*, à la régression pliocène le delta sur son passage a effacé en grande partie les dépôts de la transgression et a raboté des reliefs sous-marins nés par le jeu du monoclinal depuis la phase transgressive ([2]). C'est un exemple de *ravinement et discordance produits sans émersion, au cours de la régression.* Remarquons que la déformation principale, qui est certainement un contre-coup de l'orogénèse atlasique, se situe au maximum de la transgression pliocène (*cf.* phase post-astienne de R. Ambroggi ([3]) dans le Haut Atlas occidental).

Rappelons que le Pliocène régressif fluvio-marin de Daourat a livré une dent d'*Anancus* cf. *osiris* Aramb. ([4]). Les éléments de faunes de Mammifères du Bou Regreg et du Fouarat ([5]) se trouvent dans des dépôts et conditions de gisement comparables. Or il s'agit de *Villafranchien ancien, qui correspond ainsi à la régression pliocène.* Seul le Villafranchien récent d'Afrique du Nord est vraisemblablement l'équivalent latéral du Calabrien, première pulsation transgressive du Quaternaire.

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine des « tells » de Haute Mésopotamie.* Note de M. **Maurice Dunand**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Entre le Tigre et les chaînes de montagnes en bordure de la Méditerranée, la grande plaine syro-mésopotamienne est en partie une terre d'alluvions, extrêmement fertile dès que l'eau est présente. Ses deux grands fleuves, le Tigre et l'Euphrate, dans leurs cours inférieurs, ont engendré sur leurs rives les vieilles civilisations sumériennes, puis assyro-babylonienne, civilisations synchrones de celle de l'Égypte et aussi brillantes. Dès le début du IIe millénaire, sinon avant, les rois mésopo-

([2]) J. Bourcart avait expliqué de la même façon une discordance au sein du Pliocène des environs d'Arzila (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 1927, p. 181).

([3]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2462.

([4]) E. Ennouchi, M. Gigout et J. Marcais, *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 85, 1951.

([5]) *Voir* G. Choubert et R. Ambroggi, *ibid.*, n° 117, 1953, p. 22 et 49.

tamiens ont creusé, du Tigre à l'Euphrate, un réseau de canaux qui ont fertilisé les terres du vaste triangle qui sépare ces fleuves en amont de Bagdad.

Au Nord, la chaîne des monts d'Oshroène et de Mygdonie constitue la limite de cette plaine. Dans leur piémont il pleut l'hiver et pendant toute l'année des sources abondantes jaillissent, donnant naissance aux affluents de l'Euphrate : sur la rive gauche, le Balikh, le Khabour et son tributaire le Djaddjagh aux nombreuses ramifications; sur la rive droite le Sadjour. Cette bordure septentrionale constitue la portion médiane du « Croissant fertile » dont les cornes sont formées par la Mésopotamie d'une part, la Syrie et la Palestine de l'autre.

L'homme a toujours trouvé dans ces régions de grandes facilités de vie. Dès l'antiquité plusieurs centaines d'agglomérations, agricoles pour la plupart, s'y trouvaient disséminées. Nisibe, Tell Halaf, Wachukani, Harran, Edesse, Carkhémiche en représentaient les capitales régionales. La terre est éminemment propre à la culture des céréales et jusqu'à ces tout derniers temps où l'automobile a triomphé du désert, ce fut aussi le lieu de passage normal entre la Mésopotamie et la Syrie.

L'absence de bois et de pierres a fait éclore dans cette aire une architecture en briques de terre crue, simplement séchées au soleil : maisons de plan carré recouvertes d'une coupole reposant sur les murs aux angles coupés par un court madrier. L'habitat groupé est de règle, tant pour bénéficier d'un accès facile aux points d'eau que par souci de défense, à l'intérieur d'un rempart, contre les nomades et les ennemis du dehors. Lorsqu'on bâtit, on ne creuse ni cave, ni sous-sol. Une maison tombe-t-elle en ruine, les décombres sont nivelés au-dessus des premières assises enterrées. Les murs en briques crues durent peu, on estime à une ou deux générations au maximum la durée d'un logis commun. Ces constructions se renouvellent ainsi, à raison de deux ou trois par siècle, et les briques crues d'une installation ne pouvant être remployées dans la suivante (contrairement à ce qui se passe dans l'architecture en pierres), il se produit à chaque fois un exhaussement de quelques décimètres [1].

Telle est l'origine des nombreux tertres qui parsèment cette plaine mésopotamienne. On en compte plusieurs centaines. Leur hauteur varie du simple renflement du sol de 2 ou 3 m pour les installations qui ont peu duré, jusqu'à 30 et 35 m pour les sites occupés longtemps. Ils se présentent comme des monticules tronconiques de plan généralement ellipsoïdal. Beaucoup sont surélevés à une extrémité, où se trouvait la citadelle ou le dernier noyau d'habitation. Entre cette partie haute et la

---

[1] Exhaussement pouvant atteindre 4 à 5 m dans le cas d'un palais où les murs ont parfois 5 à 6 m de hauteur et 1 ou 2 m et même plus d'épaisseur.

partie tabulaire inférieure, l'érosion a provoqué des ravinements profonds, qui accentuent leur séparation.

Tous ces tertres (tells) sont le résultat du travail de l'homme depuis les temps néolithiques (Ve-VIe millénaires avant J.-C.). Plusieurs ont été et sont encore fouillés par les archéologues. Ils ont livré des installations successives avec de nombreux objets et des inscriptions. Presque tous ont été examinés superficiellement et partout la moisson a donné des fragments de poteries, des murs de briques, des lames d'obsidienne taillées.

On a récemment tenté d'expliquer ces structures comme étant les indices de gisements souterrains d'hydrocarbures, en les considérant comme d'anciens volcans de boue (2).

Les arguments invoqués : l'alignement des monticules, leur forme tronconique, parfois profondément ravinée, leur structure en croûtes concentriques, et même la présence de quelques fragments de roches noyés dans la masse des sédiments sableux et dégageant une forte odeur d'hydrocarbures, ne sont guère décisifs en ce qui concerne l'attribution des tells à des salses ayant cessé de fonctionner. Ils s'accordent tout aussi bien avec l'origine que nous avons exposée et qu'appuient au contraire, de façon très positive, les traces de civilisations anciennes qui y ont été découvertes à différents niveaux. Même les fragments de roches à odeur d'hydrocarbure peuvent s'être trouvés incorporés accidentellement dans les installations humaines successives qui ont formé ces tells.

Par contre, le volcanisme véritable est attesté dans cette région par les blocs basaltiques qui couvrent sa partie Est et par le cratère bien connu du Kaukab, près d'Hassetché.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Premières recherches expérimentales sur le mode d'usure des graviers calcaires*. Note (*) de M. **Léopold Berthois**, Mlles **Maria do Socorro Florentino** et **Ruth Gebrim**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Exposé des premiers résultats de recherches expérimentales sur le façonnement des graviers calcaires déplacés dans l'eau. Le matériel initial étant des fragments de calcaire sublithographique concassés dans les dimensions 8-6 et 6-4 mm.

Nous avons construit un cylindre en béton dont l'intérieur a été rendu rugueux par décapage à sec. Son diamètre moyen intérieur est de 156,5 mm et sa longueur 450 mm. Il est fermé aux deux extrémités par des joues en bois avec joints d'étanchéité. La vitesse de rotation du cylindre est de 53,6125 t/mn, soit un parcours périphérique intérieur de 3 795,71 m en 24 h. Nous avons introduit 800 cm³ d'eau dans le cylindre à chaque expérience.

(2) J. Mercier, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1201.

(*) Séance du 28 juin 1954.

a. DIMENSION INITIALE DES ÉLÉMENTS CONCASSÉS 8-6 mm.

Granulométrie.

	Diamètres (mm). 8.	6.	4.	3.	A.	B.	C.
Grains concassés (g)	400	–	–	–	–	400	0
1er essai : 24 h, poids brut	122,7	156,7	4,0	2,5	114,1	400,0	3 795
2e » : 24 h, »	22,7	65,3	0,4	0,3	34,0	122,7	7 590

Morphométrie.

	Diamètre des grains (mm).	N° de l'essai.	Pourcentages. T. A.	T. E.	E.	N. U.	C.
Grains concassés	8-6	–	–	–	–	100,0	0
	8-6	1	78,0	10,5	5,0	6,5	3 795
		2	42,0	37,0	13,3	8,0	7 590
	6-4	1	89,5	3,5	3,5	3,5	3 795
		2	97,0	3,0	<1,0	<1,0	3 795
	4-3	1	18,0	32,0	7,0	43,0	3 795
		2	44,5	44,5	11,0	<1,0	3 795

b. DIMENSION INITIALE DES ÉLÉMENTS CONCASSÉS 6-4 mm.

Granulométrie.

	Diamètres (mm). 6.	4.	3.	A.	B.	C.
Grains concassés (g)	200	–	–	–	200	0
1er essai : 24 h, poids brut	155,3	8,0	2,5	34,2	200,0	3 795
2e » : 24 h, »	132,2	13,0	2,7	7,4	155,3	7 590
3e » : 24 h, »	78,4	28,1	0,6	25,1	132,2	11 385

Morphométrie.

	Diamètre des grains (mm).	N° de l'essai.	Pourcentages. T. A.	T. E.	E.	N. U.	C.
Grains concassés	6-4	–	–	–	–	100,0	0
	6-4	1	–	62,0	24,0	14,0	3 795
		2	53,5	26,5	18,5	1,5	7 590
		3	86,5	8,0	5,5	<1,0	11 385
	4-3	1	–	32,0	42,0	26,0	3 795
		2	–	40,0	50,0	10,0	3 795
		3	–	99,0	1,0	<1,0	3 795
	<3	1	–	32,0	16,5	52,0	3 795
		2	–	56,0	30,0	14,0	3 795
		3	–	80,0	8,0	12,0	3 795

Légende. — A, perte par dissolution et suspension dans l'eau; B, poids total en grammes; C, distance parcourue en mètres; T. A., très arrondi; T. E., très émoussé; E, émoussé; N. U., non usé.

Nos expériences ont porté sur des calcaires sublithographiques très homogènes du jurassique. Le calcaire, concassé au marteau dans un bloc unique, a été tamisé dans deux gammes dimensionnelles données : 8-6 et 6-4 mm. Après chaque essai, le cylindre a été vidé, nettoyé et les graviers lavés, séchés à l'étuve, tamisés et examinés à la loupe binoculaire,

L'essai suivant n'a porté que sur le matériel de la gamme dimensionnelle initiale. Tous les grains recueillis sur les cribles de diamètres inférieurs ont été exclus.

Nous avons ainsi rendu nos expériences comparables entre elles tout en nous rapprochant davantage des conditions naturelles : dans un cours d'eau les éléments fins auraient été éliminés par le courant.

Enfin, les fines particules de calcaire en suspension dans l'eau ont été examinées au microscope; elles sont toujours anguleuses, leurs dimensions varient de 10 à 250 μ.

Les résultats numériques sont donnés dans le tableau.

Ces expériences ne constituent qu'une première étape dans un vaste programme de recherches. Elles mettent cependant en évidence les points suivants :

1° Le dégrossissage des grains est très rapide.

2° L'usure se poursuit ensuite de moins en moins rapidement car elle doit s'exercer sur une portion croissante du grain jusqu'à intéresser la totalité de sa surface.

3° Après transport dans des conditions expérimentales identiques, des grains de même taille d'une roche homogène présentent de très grandes différences d'usure : certains restent anguleux tandis que d'autres sont très usés.

4° Le diamètre des grains diminue très rapidement. Après un parcours de 7 590 m, il ne restait plus que 5,7 % de grains de la dimension initiale 8-6 mm.

PALÉONTOLOGIE. — *Découverte, en Afrique du Nord, de restes humains du Paléolithique inférieur.* Note de MM. **Camille Arambourg** et **Robert Hoffstetter**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Parmi les gisements préhistoriques de l'Afrique du Nord, celui de Ternifine, à 17 km au Sud-Est de Mascara (Oran), est l'un des plus importants par son antiquité et par les restes de grands animaux fossiles que l'on y rencontre associés à une industrie humaine très primitive.

L'exploitation de ce gisement, comme sablière, lors de la construction du village de colonisation de Palikao, vers 1872, dut être interrompue par suite de la proximité d'un cimetière musulman.

Toutefois, en 1931, un sondage effectué par l'un de nous (C. A.) révéla que les parties profondes de la sablière, noyées dans une nappe aquifère, n'avaient

point été touchées par l'exploitation et se montraient particulièrement riches en ossements fossiles et en industrie.

A la suite des Congrès d'Alger, en 1952, la Direction des Antiquités de l'Algérie décida de faire reprendre l'étude du gisement.

Conduites avec l'assistance technique de J. Richir, Maître mouleur du Muséum, ces fouilles ont été effectuées, en juin dernier, dans les parties les plus profondes du gisement, conformément aux indications de 1931. Ces recherches ont abouti à des résultats scientifiques importants, en particulier à la découverte de deux mandibules humaines.

Ces deux pièces, dont l'une présente l'arcade dentaire complète avec molaires, prémolaires et deux incisives, tandis que la seconde ne comprend qu'une branche avec la série dentaire, ont été découvertes au voisinage du fond de la cuvette lacustre où se sont déposés les sables; la seconde était même incluse dans l'argile à nodules calcaires qui constitue ce fond.

Extraites en bloc avec le sédiment qui les contenait, ces pièces ne sont pas encore dégagées; mais les parties visibles présentent, dans la macrodontie et la brachyodontie des molaires, l'épaisseur et la forme de la symphyse, des caractères archaïques certains qui seront précisés par la suite.

La situation chronologique de ces restes peut être précisée :

1° *Par la faune associée*. Cette dernière comprend, outre les éléments déjà connus d'après les travaux de Pomel [tels qu'*Elephas atlanticus* (dont un crâne, jusqu'ici inconnu, a été découvert), *Rhinoceros simus*, *Equus mauritanicus*, *Camelus Thomasi*, *Hippopotamus*, *Giraffa*, etc. dont de nombreux restes ont été retrouvés], d'autres éléments tels que *Machairodus* du groupe *M. cultridens*, ainsi qu'un Phacochœriné géant, voisin des grandes formes du Pléistocéne inférieur de l'Afrique orientale (*Notochœrus* ou *Metridiochœrus*). Ces fossiles conférent au gissement un cachet d'antiquité qui le situe au début du Pléistocène moyen [1];

2° *Par l'industrie*. Une centaine de pièces en quartzite et grès, avec silex et calcaire plus rares, ont été recueillies dans les niveaux correspondant à ceux des restes humains. Cette industrie se compose de bifaces grossiers, de hachereaux et de grands éclâts avec quelques rares Pebbles. Selon M. L. Balout, le caractère général de cet ensemble industriel est chelléo-acheuléen très primitif et correspond typologiquement, dans la chronologie africaine, aux industries du Kamasien inférieur de l'Afrique orientale (niveaux II ou III d'Oldoway).

Il y a donc concordance entre les indications paléontologiques et typologiques pour dater le gisement de Ternifine du début du Pléistocène moyen, au moins dans la partie profonde qui a livré les restes humains.

---

(1) Selon la chronologie proposée par le dernier Congrès géologique.

Ces derniers sont, par suite, les plus anciens qui aient été recueillis jusqu'ici en Afrique du Nord et les premiers trouvés associés à une industrie chelléo-acheuléenne primitive.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les noyaux de congélation de l'atmosphère.* Note de M. **Guy Soulage**, transmise par M. Charles Maurain.

Certains noyaux glaçogènes de l'atmosphère ont été isolés. Ces noyaux sont actifs à une température critique d'environ —15°C. Ils paraissent agir d'abord comme noyaux de condensation, ensuite comme noyaux de congélation faisant cesser la surfusion de l'eau qu'ils ont fixée.

Pour isoler les noyaux glaçogènes de l'atmosphère, nous avons utilisé une petite chambre froide du type décrit précédemment [1]. Un manchon de carton réchauffé entre chaque expérience et placé contre les parois évite les inconvénients de leur givrage. Un microscope inversé et mobile, installé sous le fond transparent de la chambre, donne sur un écran l'image des éléments qui précipitent. Le refroidissement est produit par la fusion d'un mélange eutectique de glace et d'un sel. Ce mode de refroidissement permet de connaître avec sûreté la température minimum du nuage.

La chambre ayant été aérée, un petit nuage surfondu à température comprise entre —11 et —21° C y est établi. Des cristaux de glace se forment dans ce nuage, grossissent et précipitent sur une lame de verre amovible placée au fond de la chambre. L'humidification est interrompue. Les cristaux de glace s'évaporent laissant sur la lame leurs résidus. Ceux-ci sont soigneusement repérés. La lame de verre est portée pendant quelques minutes à une température positive puis replacée au fond de la chambre. L'humidification est reprise. Des gouttelettes surfondues précipitent autour des résidus et sur les résidus.

Nous constatons alors qu'il existe deux types de résidus :

I, des résidus solides sur lesquels un cristal de glace apparaît pour une température inférieure à une température critique (*fig.* 1);

II, des résidus qui ne manifestent aucune aptitude à provoquer la congélation de gouttes d'eau ou à fixer la vapeur d'eau directement à l'état solide à des températures comprises entre —10 et —21° C. Ces résidus sont :

a. des résidus solides, de formes et de grosseurs identiques à celles des résidus du type I;

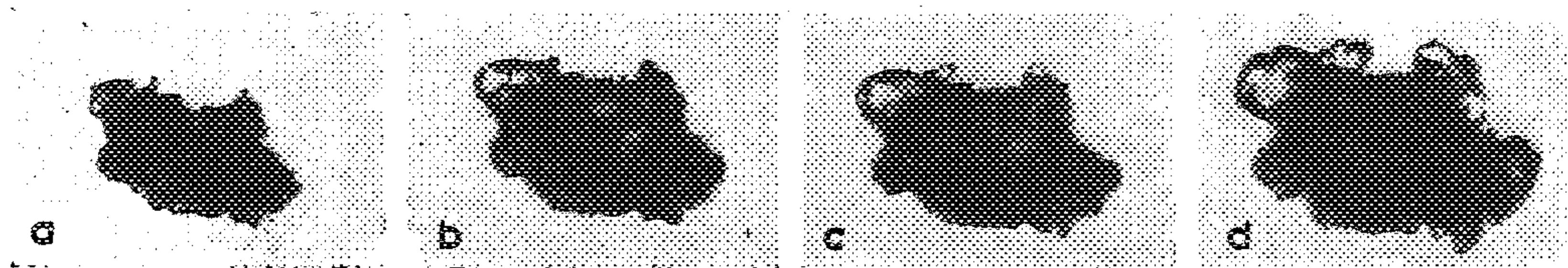
b. des résidus qui persistent longtemps après la sublimation du cristal de glace sous la forme d'une gouttelette de quelques microns de diamètre.

---

(1) *Bull. Obs. Puy-de-Dôme*, 1953, p. 81-90.

Lorsque ces résidus se dessèchent, ils deviennent souvent invisibles, mais si l'humidification est reprise une gouttelette apparaît sur leur emplacement. Ces résidus paraissent être des noyaux-gouttelettes de H. Dessens (²);

c. des résidus invisibles dans les conditions d'observation décrites plus haut et dont l'existence est par suite hypothétique.



Action d'un noyau de congélation à une température de —15°C (× 420). — *a* : le noyau sec; *b* : le noyau une seconde avant l'apparition de la phase glace; il a fixé de l'eau liquide; *c* : le noyau; vient d'amorcer la congélation; *d* : 10 s après le cliché *c*, le cristal de glace progresse.

Les résidus des types II *b* et II *c*, d'une observation difficile au microscope optique et recueillis sur un support inadapté à leur petitesse, n'ont pas été étudiés.

Les résidus du type I constituent une variété de noyaux glaçogènes. Quelques-unes de leurs propriétés ont pu être précisées.

Au cours de 150 expériences, 27 noyaux ont été recueillis : 16 ont été recueillis à Clermont-Ferrand, 11 au sommet du Puy de Dôme. La chambre froide ayant un volume de 1 l et la lame amovible couvrant le quart du fond de la chambre, le nombre des noyaux du type I présents dans l'atmosphère est, en moyenne, de l'ordre de 1 par litre d'air.

Ces noyaux n'ont pas une forme bien déterminée et ne présentent pas de faciès cristallin.

Leur diamètre moyen varie généralement entre 7 et 25 μ mais atteint parfois 80 μ.

Leur température critique d'action comme noyaux glaçogènes varie entre — 12 et — 15° C. Cette température critique n'est pas constante pour un même noyau. Elle varie de plusieurs degrés d'une expérience à une autre. D'autre part, au bout d'un certain temps, les noyaux cessent de manifester toute activité glaçogène. Il est ainsi possible que les noyaux du type II *a* soient des noyaux du type I désactivés.

Quelques noyaux nous ont paru fixer directement la vapeur d'eau à l'état solide mais une observation plus minutieuse nous a montré, avant l'apparition de la phase glace, une petite modification de l'aspect des noyaux explicable par la formation à leur surface d'un film d'eau. Ces mêmes noyaux et tous les autres agissent comme noyaux de congélation,

(²) H. Dessens, *Ann. Géophys.*, 2, 1946, p. 343-346.

soit après coalescence avec des gouttelettes de nuage, soit après avoir condensé de l'eau. Nous pensons ainsi que tous les noyaux du type I sont des noyaux de congélation.

Nous avons cherché à voir s'ils étaient hygroscopiques. Pour cela, d'une part, nous les avons maintenus pendant 24 h dans une petite cuve hermétique au-dessus de solutions salines présentant à leurs surfaces diverses tensions de vapeur; d'autre part, nous les avons placés dans des conditions atmosphériques naturelles où l'humidité relative de l'air croissait régulièrement. Nous n'avons pas observé de modifications évidentes des noyaux tant que le degré hygrométrique de l'air n'atteignait pas 90 %. Pour un degré hygrométrique de l'air compris entre 97 et 100 %, les noyaux s'enrobaient d'une quantité importante d'eau mais ne s'y dissolvaient pas complètement.

Les noyaux de congélation étudiés paraissent donc constitués par une partie insoluble dans l'eau et une partie hygroscopique non constituée par du chlorure de sodium.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Pigments des* Anabæna *endophytes des* Cycas. Note de M. **Robert Douin**, présentée par M. Roger Heim.

Séparation par chromatographie sur papier et identification des pigments qui forment le pigment total d'*Anabæna cycadeæ* : β carotène, caroténoïde inconnu, myxoxanthine, flavacine, chlorophylle *a*, myxoxanthophylle, zéaxanthine, deux pigments jaunes en quantité très faible non identifiés. La phycocyanine ne figure pas sur le chromatogramme.

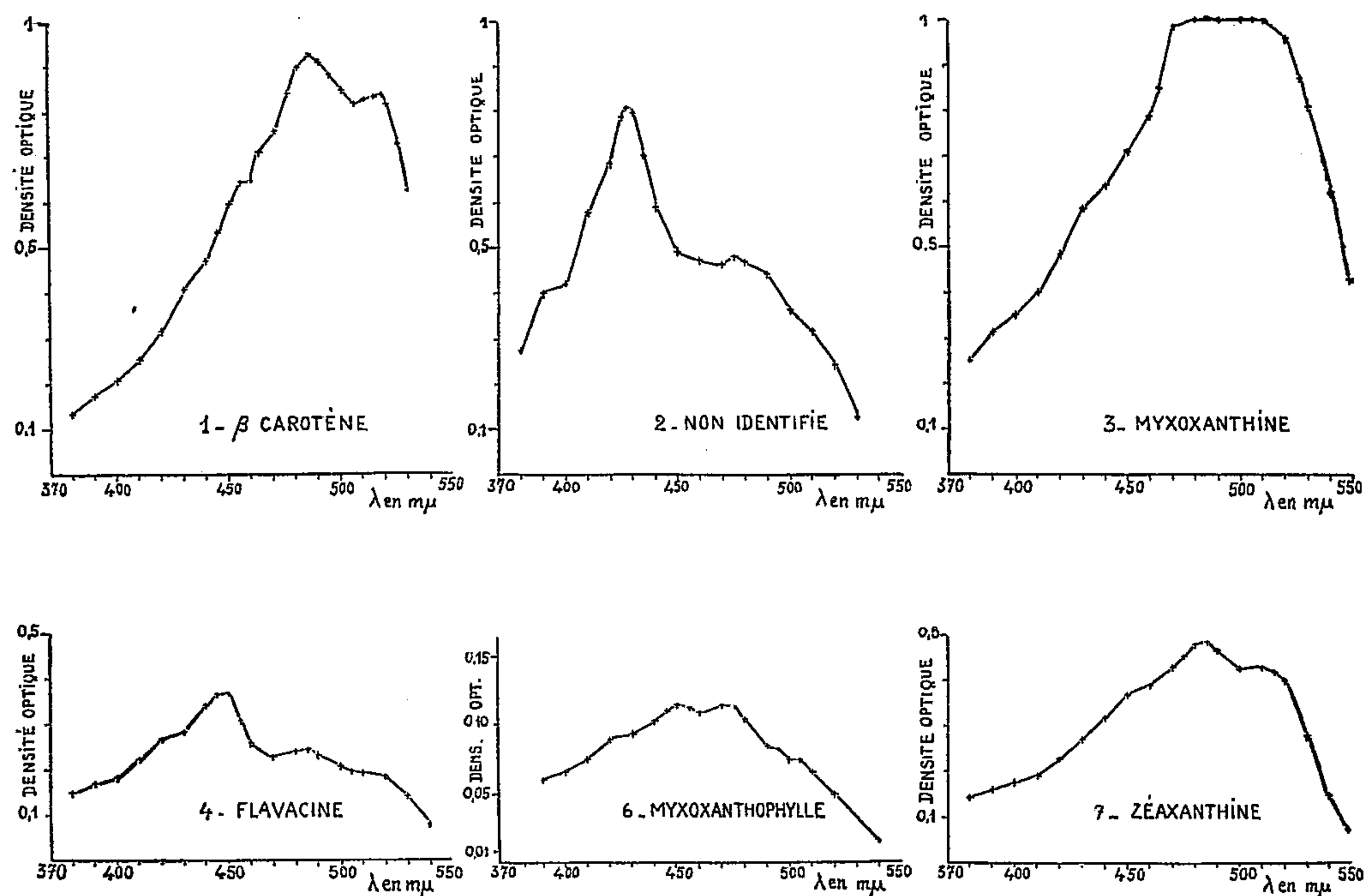
Les pigments sont séparés par chromatographie ascendante sur papier suivant notre méthode [1] à l'exception de la phycocyanine insoluble dans l'acétone. Les caroténoïdes et le composant *a* de la chlorophylle se présentent en neuf bandes étagées distinctes. Après purification, ils sont repris séparément en vue de leur identification d'après leur caractère épiphasique ou hypophasique (test de partition entre l'éthanol à 90° et l'éther de pétrole), certaines réactions colorées, leur spectre d'absorption déterminé avec le Beckmann. Les faits sont exposés ci-dessous dans l'ordre où les pigments se répartissent sur le chromatogramme.

1. *Bande orangée-jaune* (code des couleurs Klinksieck et Valette, n° 161), la plus large du chromatogramme. Pigment épiphasique. En solution dans CS_2, son spectre présente trois maxima : à 458, 485 et 517,5 mμ, Karrer [2] indiquant pour le premier et le troisième 450 et 520 mμ, différences liées sans doute à ce que nous ne sommes pas partis de cristaux. De même avec une

(1) R. Douin, *Rev. Gén. Bot.*, 60, 1953, p. 77.

(2) P. Karrer et E. Jucker, *Carotenoïds*, Elsevier publishing Co, Inc., 1950.

solution dans $CHCl_3$, nous avons enregistré un maximum à 595 mμ, Karrer à 590 mμ. La réaction de Carr-Price (action de $SbCl_3$ sur le pigment en solution dans $CHCl_3$) donne une coloration bleue. Il s'agit du β *carotène* dont nous avons obtenu les cristaux caractéristiques par évaporation de la solution dans l'éther de pétrole additionné de méthanol.



Spectres d'absorption des caroténoïdes d'*Anabæna cycadeæ*.

2. *Bande jaune* (code Kl. n° 221), étroite, séparée du β-carotène par un large intervalle. Pigment épiphasique, non adsorbé par CO_3Ca. Le spectre dans CS_2 montre deux maxima à 427-429 mμ et 475-478 mμ. Après saponification par la potasse alcoolique pendant 24 h à la température du laboratoire ou à chaud pendant une demi-heure, le pigment repris par l'éther de pétrole conserve son caractère épiphasique et sa place sur le chromatogramme, ce qui exclut la possibilité d'un ester de xanthophylle. La réaction de Carr-Price donne rapidement une coloration bleue. Pigment *non identifié*, peut-être nouveau.

3. *Bande orangée* (code Kl. n° 111), bien séparée de la précédente et, avec la bande 7, la plus importante du chromatogramme après celle du carotène. Pigment épiphasique, non adsorbé par CO_3Ca. Le spectre dans CS_2 ne montre qu'une seule zone d'absorption : la courbe, en plateau de 485 à 510 mμ avec un léger maximum à 495 mμ, est caractéristique de la *myxoxanthine* déjà trouvée dans plusieurs myxophycées.

4. *Bande orangée jaune* (code Kl. n° 191), étroite, très faiblement séparée de la bande de myxoxanthine et attenante à celle de chlorophylle *a*. Le pigment,

épiphasique suivant le test de partition mentionné, reste épiphasique lorsqu'on effectue le test avec du méthanol à 95°, ce qui permet de le différencier de la cryptoxanthine. Le spectre dans CS_2 montre deux maxima, l'un à 450 mμ, l'autre à 485 mμ. Malgré de très faibles différences avec les déterminations de Tischer [3], nous concluons que le pigment est la *flavacine*. L'identification est encore confirmée par les réactions suivantes : la réaction de Carr-Price donne une coloration d'abord verte, puis bleue [3]. La solution éthérée ne donne pas de coloration bleue avec HCl à 30 %.

5. *Bande vert bleu* importante de chlorophylle *a*, seule présente comme l'on sait chez les Myxophycées. Le spectre dans CS_2 est typique.

6. *Bande rouge orangée* (code Kl. n° 96), étroite, séparée de la chlorophylle par un large intervalle et attenante à la bande 7. La couleur du pigment, le spectre dans l'éthanol avec ses trois maxima à 450, 472 et 502 mμ, le fait que le pigment est hypophasique caractérisent la *myxoxanthophylle*.

7. *Bande orangée jaune* (code Kl. n° 161), aussi large que celle de la myxoxanthine et attenante à la précédente. Pigment facilement adsorbé par CO_3Ca, hypophasique avec le méthanol à 90° alors que la cryptoxanthine, dont le spectre d'absorption est très voisin, est épiphasique. Son spectre dans CS_2 présente sur la courbe un point d'inflexion à 450 mμ et deux maxima situés à 485 et 515 mμ [Karrer [4] indique dans le même solvant deux maxima à 482 et 515 mμ et aussi [2] trois maxima à 450, 482 et 517 mμ]. Le pigment donne la réaction de Carr-Price. Il s'agit de *zéaxanthine*.

8 et 9. *Bandes jaunes très étroites* de même aspect, bien distinctes l'une de l'autre et de la zéaxanthine. Leur position sur le chromatogramme indique des pigments hypophasiques : la chlorophylle sépare, en effet, la zone des pigments épiphasiques situés au-dessous d'elle de la zone des pigments hypophasiques toujours au-dessus d'elle. La trop faible proportion de ces deux pigments n'a pas permis de les étudier, le matériel de départ à notre disposition étant en quantité limitée.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution histologique de l'embryon de* Drosera rotundifolia L. *lors de la germination*. Note (*) de Mme **Anna Favard**, présentée par M. Roger Heim.

Lors de la germination de la graine le *méristème radiculaire* s'individualise à partir de l'axe hypocotylé, alors que les *cellules terminales supposées initiales restent absolument inactives*. D'autres part, l'activation de la gemmule se fait *latéralement* lors de l'initiation de la première feuille. Elle est suivie du dédoublement axial de la deuxième assise tunicale, première ébauche du *corpus*.

[3] *Physiol. Chem.*, 251, 1938, p. 117.
[4] P. Karrer et E. Jucker, *Helv. Chim. Acta*, 28, 1943, p. 427.

(*) Séance du 28 juin 1954.

L'embryon de *D. rotundifolia* étudié par R. Souèges ([1]) comprend trois parties essentielles que l'on retrouve dans la graine mûre, à un stade un peu plus évolué : 1° la partie cotylée (*l*) comporte les deux cotylédons qui laissent entre eux un petit sillon de 20 μ sur 60 μ où se trouve logé l'apex réduit à deux assises tunicales larges de deux files de cellules (*fig.* 1); 2° la partie hypocotylée (*l'*) comprend l'axe hypocotylé formé de quatre files de cellules axiales (*pl*) entourées de deux couches de cellules « corticales » (*pe*) et d'une assise superficielle (*de*); 3° la partie terminale comprend un étage (*h*) de

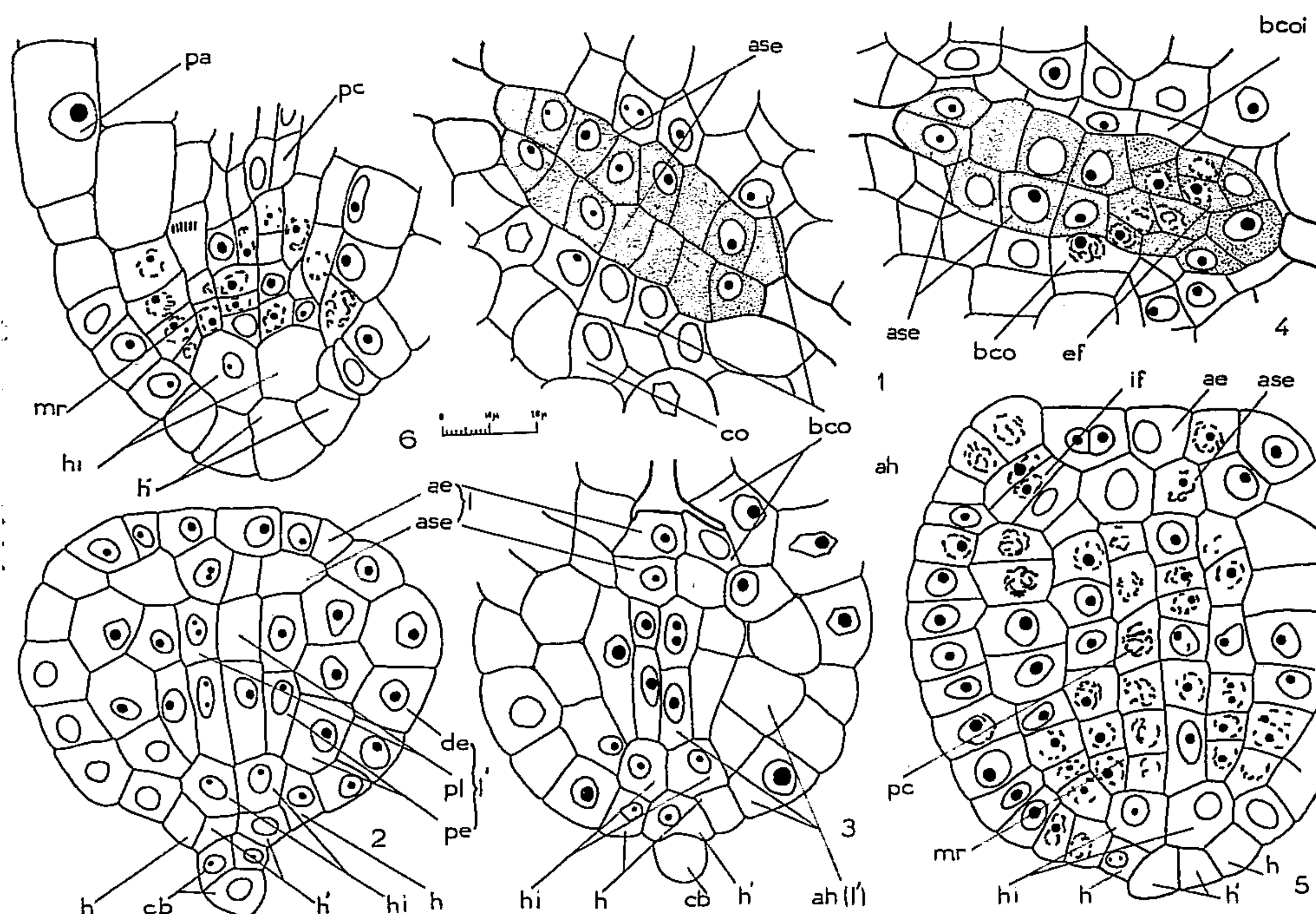


Fig. 1 et 2. — Embryon de graine gonflée : 1, coupe tranversale de l'apex allongé entre les cotylédons. 2, coupe axiale entre les cotylédons. 3, germination de 4 jours. Grossissement des nucléoles. Coupe axiale sagittale. 4 et 5, germination de 8 jours. 4, coupe tranversale de l'apex avec mitoses latérales de la 1re ébauche foliaire. 5, coupe axiale entre les cotylédons. 6, germination de 13 jours : méristème subterminal de la jeune racine. *ae* : assise épidermique; *ase* : assise sous-épidermique; *if* : initium foliaire; *ef* : ébauche foliaire; *co* : cotylédon; *bco* : basales des cotylédons; *bcoi* : inférieures; *mr* : méristème radiculaire; *pc* : procambium; *ah* hypocotyle; *pa* : cellule mère du poil absorbant; *hi* : cellules inactives internes.

12 cellules dont quatre internes caractéristiques (*fig.* 2 et 3), et un étage de deux cellules apicales (*h'*). Un suspenseur leur fait suite (*cb*). *Le développement immédiat de ces territoires embryonnaires ne nous paraît pas conforme à l'interprétation proposée par cet auteur.*

La germination des graines printanisées ou non, se manifeste d'abord par

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1457.

une augmentation sensible de la grosseur des nucléoles, passant de 2 à 3 et 3,5 μ dans les cellules de l'axe hypocotylé en premier lieu, puis dans les cellules latérales de l'apex et les basales des cotylédons (*fig.* 3). Les premières mitoses apparaissent ensuite et dans le même ordre. Par contre, *les cellules terminales* (*h* et *h'*) gardent de petits nucléoles de 1 à 1,5 et 2 μ (*fig.* 4).

Des observations répétées sur plus de 100 graines ont révélé que ces cellules restent inactives (*fig.* 5 et 6) pendant tout le début de la germination. La jeune racine se construit et s'accroît pendant ce temps; ainsi, à notre avis, *les quatre cellules* (*h*) *internes ne sont pas alors des initiales.*

D'ailleurs, nos observations nous ont montré la naissance d'un *méristème radiculaire subapical* à partir des cellules basales de l'axe hypocotylé tant des cellules externes qu'internes. Peu après la reprise de la prolifération, une zone hémisphérique plus active se dessine autour des cellules *h* (*fig.* 5). Cette zone devient le méristème radiculaire même, toute la jeune racine en dérive, comme le prouve le niveau où naissent les premiers poils absorbants (*fig.* 6).

A l'autre extrémité, au haut de l'hypocotyle, se trouvent aussi quelques cellules plus méristématiques qui participeront à la formation du procambium sous-jacent aux futures feuilles et faisant suite à celui de l'hypocotyle.

Les premières manifestations d'activité de la gemmule ont lieu sur les côtés de l'apex, entre les deux cotylédons (*fig.* 4 et 5). L'initium foliaire débute par une division péricline de la deuxième assise tunicale, suivie de plusieurs autres auxquelles s'ajoutent des divisions anticlines de l'assise épidermique (*fig.* 5). Dès l'apparition de la première ébauche foliaire, on met ainsi en évidence une partie de l'anneau initial subapical.

En même temps, quelques cellules axiales de la deuxième assise tunicale se dédoublent. Ainsi s'ébauche une troisième assise transitoire qui s'étoffe après la germination et devient le *corpus* comme dans *Myosurus*, mais plus précocement [Buvat (2)].

En conclusion, ni dans la radicule, ni dans la gemmule il n'apparaît, même transitoirement d'initiales axiales définies et réelles.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution histologique du point végétatif de* Chrysanthemum indicum *L.* Note de Mme **Arlette Lance**, présentée par M. Roger Heim.

Chez *Chrysanthemum indicum*, un méristème médullaire issu de cloisonnements périclines de la deuxième assise tunicale et d'un troisième feuillet discontinu vient s'adjoindre à celui déjà formé durant le développement embryonnaire. Le *corpus*, inexistant dans la graine, se construit aux dépens de la seconde assise tunicale.

Dans la graine, le point végétatif de *Chrysanthemum indicum* est situé au

(2) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1011.

fond d'un sillon étroit entre les deux cotylédons volumineux. Il possède déjà deux ébauches foliaires inégalement développées. Il est plan et affecte, en coupe transversale, la forme d'une ellipse (60 μ sur 20) dont le grand axe est perpendiculaire aux plans des cotylédons. La section sagittale axiale montre une *tunica* bisériée, et un méristème médullaire situé *immédiatement* au-dessous. Il comprend seulement deux à trois files de quelques cellules plates. Le *corpus est inexistant*. Dès ce stade, on remarque des cloisonnements obliques de la deuxième assise tunicale (*fig.* 1). Ils ont eu lieu avant la maturation de la graine et, lors de l'hydratation germinative, les cellules, en se gonflant, donnent un troisième feuillet irrégulier.

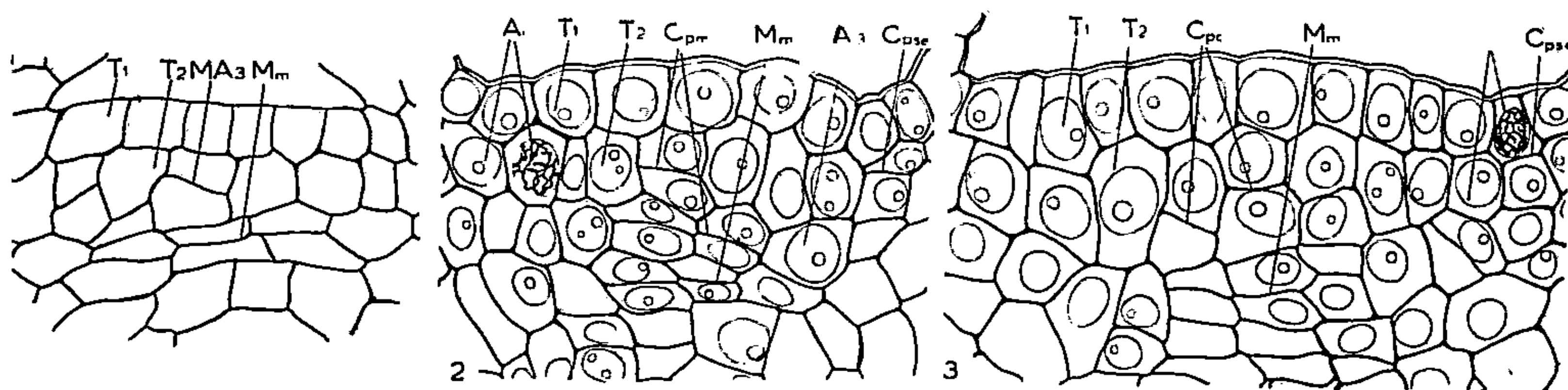


Fig. 1. — Apex pris dans la graine : sans corpus; Fig. 2. — Apex au début de la germination : naissance du méristème médullaire épicotylé; Fig. 3. — Apex plus agé : formation du corpus; A_3 : 3e assise transitoire; A_i : anneau initial; C_{pc} : cloisonnements périclines générateurs du corpus; C_{pm} : cloisonnements périclines générateurs de M_m; C_{psc} : cloisonnements périclines de T_2; M_m : méristème médullaire; MA_3 : mitoses obliques génératrices de A_3; $T_1 T_2$: assises tunicales.

Au début de la germination, des divisions périclines apparaissent dans la deuxième assise tunicale et dans le troisième feuillet discontinu (*fig.* 2). De ces deux sortes de cloisonnements, résulte l'édification d'un nouveau méristème médullaire, situé, cette fois, au-dessus du plan d'insertion des cotylédons. Il se surajoute à celui déjà construit durant l'embryogenèse. Ces files intercalaires de cellules médullaires soulèvent l'apex en un dôme légèrement convexe.

Réduit à l'état d'aire minimale par la formation des deux premières feuilles, l'apex s'élargit dans le sens de son petit axe, par des mitoses anticlines situées sur ses flancs, dans les deux assises tunicales. Ainsi se manifeste déjà la présence d'un *anneau initial*.

Lors de l'étalement des cotylédons, on note une recrudescence d'activité péricline dans la deuxième assise tunicale. Dans sa partie centrale, s'isolent, au-dessous d'elle, des cellules devenant rapidement isodiamétriques (*fig.* 3). Ainsi naît un *corpus* très réduit de quelques cellules seulement. L'édification de la structure définitive du point végétatif se fait donc progressivement au cours de son fonctionnement. Après l'apparition du *corpus*, l'apex est un dôme arrondi haut de 35 μ.

Tandis que, sur le grand axe de l'apex, s'édifie le soubassement foliaire de la troisième feuille, le méristème médullaire se recloisonne et les cellules issues de ces divisions se superposent de façon caractéristique. Lorque la troisième feuille est formée, le dôme apical récupère ses dimensions maximales par des mitoses de flanc régénératrices de *l'anneau initial*. En même temps, les cellules du méristème médullaire s'allongent. Tout au long de la période végétative se succèdent ainsi des phases de recloisonnement et d'allongement du méristème médullaire. Les premières, accompagnées par l'édification des soubassements foliaires, sont marquées par une dédifférenciation des cellules de l'apex. Les secondes montrent, avec la surrection des ébauches foliaires, une différenciation générale du territoire apical.

Mais ces impulsions périodiques s'inscrivent dans une évolution cytologique générale de l'apex. A la germination, les cellules du méristème des jeunes plantules comportent de grandes vacuoles tannifères. Celles-ci se résolvent progressivement en un fin lacis entourant le noyau, tandis que le cytoplasme devient plus dense. Le chondriome, d'abord associé en chaînettes plus ou moins courtes, se scinde en éléments plus ténus. Les tannins, occupant, lors de la germination, la totalité de l'aire apicale, ne subsistent ensuite en quantité plus abondante que dans la *tunica* axiale et le *corpus* sous jacent. Après fixation au Navachine, ce territoire présente un curieux mais constant artefact dont nous avons pu tirer parti. Les noyaux, contractés, y sont entourés d'une auréole blanche. Or, la région sensible se superpose exactement au méristème d'attente, inactif dans la phase végétative. De part et d'autre, les mitoses sont fréquentes; les cellules ont un noyau volumineux et un gros nucléole. C'est l'anneau initial. Sous la *tunica* superficielle, bisériée, un *corpus* réduit se divise parfois dans des plans quelconques et fournit constamment, par sa base, quelques cellules au méristème médullaire. L'apex fonctionne encore végétativement après la 17e feuille.

En conclusion, le comportement de *Chrysanthemum indicum* offre de nombreuses analogies avec ceux *d'Aster sinensis* ou *Myosurus minimus*. Dans la graine, l'apex est incomplet. Le corpus, dont le rôle sera important seulement au stade reproducteur, n'apparaît qu'au cours du développement et demeure toujours très discret tant que dure la phase végétative. Le méristème médullaire est souvent rudimentaire. La tunica elle-même est bien développée, mais la seconde assise présente, au début, des divisions périclines axiales. Par la suite, elle ne fonctionne plus que par des divisions anticlines de flancs et des divisions périclines plus latérales, initiatrices des feuilles; elle est alors vraiment une assise tunicale.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action radiomimétique des actinomycines* C *et* D *sur la division des cellules végétales*. Note de MM. **Guy Deysson** et **René Truhaut**, présentée par M. René Souèges.

L'actinomycine C exerce sur la division des cellules une action radiomimétique consistant en une inhibition progressive des entrées en cinèse et dans des troubles chromosomiques chez une partie des cinèses en cours; cette action n'est pas modifiée en présence de β-mercaptoéthylamine L'actinomycine D exerce une action analogue à celle de l'actinomycine C mais légèrement plus intense.

Depuis les travaux initiaux de Waksman et coll. ([1]), différents principes antibiotiques ont été décrits sous le nom d'actinomycine. Parmi ceux-ci, l'actinomycine C ($C_{40}H_{57}O_{11}N_7$), substance cristallisée isolée d'une culture de *Streptomyces chrysomallus* par Brockmann et Grubhofer ([2]), a été récemment préconisée, à la suite des recherches de Hackmann ([3]) chez l'animal et de Schlute ([4]) chez l'Homme pour le traitement de la lymphogranulomatose maligne. L'expérimentation clinique effectuée en France ([5]) n'a malheureusement pas conduit à des résultats aussi favorables que ceux des auteurs allemands; néanmoins, ce composé étant doué de propriétés cytostatiques certaines, notamment vis-à-vis des cellules de la rate et du système lymphatique ([3]), nous avons pensé qu'il serait intéressant d'étudier l'action qu'il exerce sur la division des cellules végétales, comparativement à celle des autres substances radiomimétiques que nous avons décrite dans des publications antérieures ([6]). Nous avons également pu faire quelques expériences comparatives avec une petite quantité d'actinomycine D, nouvel antibiotique qui vient d'être isolé par Waksman et que le savant spécialiste américain a bien voulu mettre à notre disposition. Signalons tout de suite que, au cours de nos essais, tandis que les solutions d'actinomycine C étaient rapidement envahies par des microorganismes divers (Coccus, Bactéries, Levures) et devaient donc être fréquemment renouvelées, les solutions d'actinomicine D se sont, au contraire, toujours bien conservées et restaient indéfiniment limpides.

1° *Expériences effectuées sur des plantules de* Pisum sativum *L.* — L'actinomycine C, aux concentrations de 10^{-4} et 10^{-5}, ralentit fortement la croissance

([1]) S. Waksman et H. B. Woodruff, *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 45, 1940, p. 609-614 et *J. Bact.*, 42, 1941, p. 231-249; S. Waksman et M. Tischler, *J. biol. Chem.*, 142, 1942, p. 519-528.

([2]) H. Brockmann et N. Grubhofer, *Naturwiss.*, 36, 1949, p. 376 et 37, 1950, p. 494.

([3]) C. Hackmann, *Z. Krebsforsch.*, 1952, p. 607 et *Strahlentherapie*, 1953, p. 286.

([4]) G. Schulte, *Z. f. Krebsforsch.*, 1952, p. 500.

([5]) R. Huguenin, R. Truhaut et J. S. Bourdin, *Presse méd.*, 62, 1954, p. 740.

([6]) G. Deysson et R. Truhaut, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 329. *Voir* aussi *Bull. Soc. Chim. biol.*, 35, 1953, p. 1019-1026; *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1605, 1725 et 1833.

des racines dès le premier jour; après quatre jours, il n'y a plus aucune mitose et les noyaux quiescents sont homogènes, souvent contractés et très peu colorables. A la concentration de 10^{-6}, l'activité mitotique, normale après 24 h, diminue les jours suivants. Enfin, la concentration de 10^{-7} n'exerce aucune action pendant les quatre premiers jours.

L'action de l'actinomycine D est à peu près identique. A 10^{-4}, l'allongement des racines est très réduit le premier jour puis cesse; les mitoses, assez rares après 24 h, ont complètement disparu après quatre jours et les noyaux quiescents sont alors altérés, peu colorables. La concentration de 10^{-5} agit de la même manière et, après quatre jours, seules persistent encore quelques très rares prophases. Enfin, à 10^{-6} et 10^{-7}, les mitoses restent nombreuses, au moins les premiers jours.

2° *Expériences effectuées sur des bulbes d'*Allium Cepa *L.* — L'action de l'actinomycine C a été étudiée à des concentrations allant de 2.10^{-4} à 10^{-5}. A 2.10^{-4} on observe une action mitostatique très rapidement irréversible. Après 6 h, l'index mitotique est déjà légèrement diminué (71, 5 ‰ au lieu de 83,5 ‰); en réalité, la diminution du nombre des prophases et des métaphases est proportionnellement plus importante, mais il y a en même temps augmentation du nombre des télophases par suite de l'allongement de la durée de ce stade; des fragmentations chromosomiques ou des ponts résultant d'agglutination se rencontrent chez 6,2 % de l'ensemble des méta-, ana- et télophases; que le traitement soit alors poursuivi ou interrompu, il ne reste pratiquement aucune mitose 48 h plus tard et l'allongement des racines est définitivement bloqué. Avec la concentration de 10^{-4}, les mitoses sont déjà assez rares après trois jours (310 en tout, par exemple, dans un méristème; agglutination et fragmentations chromosomiques chez 5 % des méta-, ana- et télophases); elles ont totalement ou presque totalement disparu le lendemain et l'on observe seulement, par endroits, des images de télophases abortives chez lesquelles une agglutination chromosomique trop intense a empêché la reconstitution des noyaux. Ultérieurement, les noyaux quiescents sont à leur tour altérés et présentent un réseau gonflé, parfois peu colorable. La limite de réversibilité de l'action exercée à cette concentration se situe aux environs de trois jours : si le traitement est interrompu à ce moment, la croissance peut encore reprendre chez quelques racines tandis que, chez la plupart, elle est arrêtée définitivement.

Avec la concentration de 5.10^{-5}, on observe une action mitodépressive très progressive qui s'accompagne de l'apparition de troubles chromosomiques chez 10 % des mitoses environ et qui va jusqu'à la cessation complète de toute activité mitotique en sept jours, l'interruption du traitement à ce moment permettant encore une reprise de la croissance chez la plupart des racines.

Des expériences comparatives ont été réalisées avec des solutions d'actinomycine D à 10^{-4} et 5.10^{-5} et ont permis d'obtenir des résultats de même nature : action mitodépressive avec agglutination et fragmentations chromosomiques

chez une partie des cinèses restant. Avec la concentration de 5.10^{-5} toutefois, l'interruption du traitement au bout de sept jours, alors que toute activité mitotique a cessé, n'a été suivie d'aucune reprise de croissance.

3° *Essai de protection par la β-mercaptoéthylamine.* — Nos expériences ayant permis de constater que les actinomycines C et D exercent une action radiomimétique typique, nous avons recherché si la β-mercaptoéthylamine, qui est capable de protéger les cellules contre les « moutardes azotées » ou la nitromine, présente ici des propriétés analogues. Des expériences ont été réalisées, suivant la technique que nous avions déjà utilisée, avec une solution d'actinomycine C à 2.10^{-4} et des durées d'action allant de 2 à 24 h; dans ces conditions, nous avons constaté que la cystéinamine, à la concentration de 0,05 ou 0,10 %, ne modifie aucunement l'action toxique exercée par l'actinomycine dont le mécanisme paraît donc de nature différente.

MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur des fasciations provoquées.* Note (*) de M. **Jean-Edme Loiseau**, présentée par M. Roger Heim.

Des fasciations obtenues à la suite d'un traumatisme de la zone axiale du sommet végétatif sont étudiées et comparées aux fasciations spontanées décrites par divers Auteurs. Toutes ces anomalies présentent les mêmes caractères fondamentaux. Une hypothèse sur le mécanisme de la fasciation, applicable à certains cas au moins, est proposée.

Nous avons montré (1) comment des mutilations de la zone axiale du sommet végétatif d'*Impatiens Roylei* Walp. provoquent l'apparition de fasciations. Nous nous proposons ici d'étudier quelques-unes de ces anomalies, choisies parmi les plus simples et les mieux analysables (*fig.* 1 et 3), et d'établir qu'elles présentent les mêmes caractères fondamentaux que les anomalies spontanées. Sans revenir sur le fait essentiel de la multiplication des hélices foliaires, nous insisterons sur trois points de comparaison :

1° Les Auteurs s'accordent pour reconnaître que la fasciation est un *phénomène progressif* (Schoute, Küster). C'est bien ce que nous retrouvons chez nos échantillons (*fig.* 1 et 3).

2° *L'arrêt de l'état fascié et le retour à la forme normale* est fréquemment décrit (Bausor, Georgescu...). Comme ici, ce retour se produit, le plus souvent, grâce à une division du sommet anormal. Mais, par la suite, des *réapparitions périodiques de l'anomalie* sont possibles (Georgescu, White, Küster). Nous avons constaté ces phénomènes rythmiques chez plusieurs de nos plantes. L'une des branches d'une dissociation, représentée figure 3, correspond à un cycle : elle s'aplatit progressivement en

(*) Séance du 28 juin 1954.

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1259.

même temps que croît le nombre des hélices (phase de complication), puis se divise en trois pousses normales (phase de régularisation). Cette fascie n'a pas de relation directe avec la blessure dont elle est séparée par un

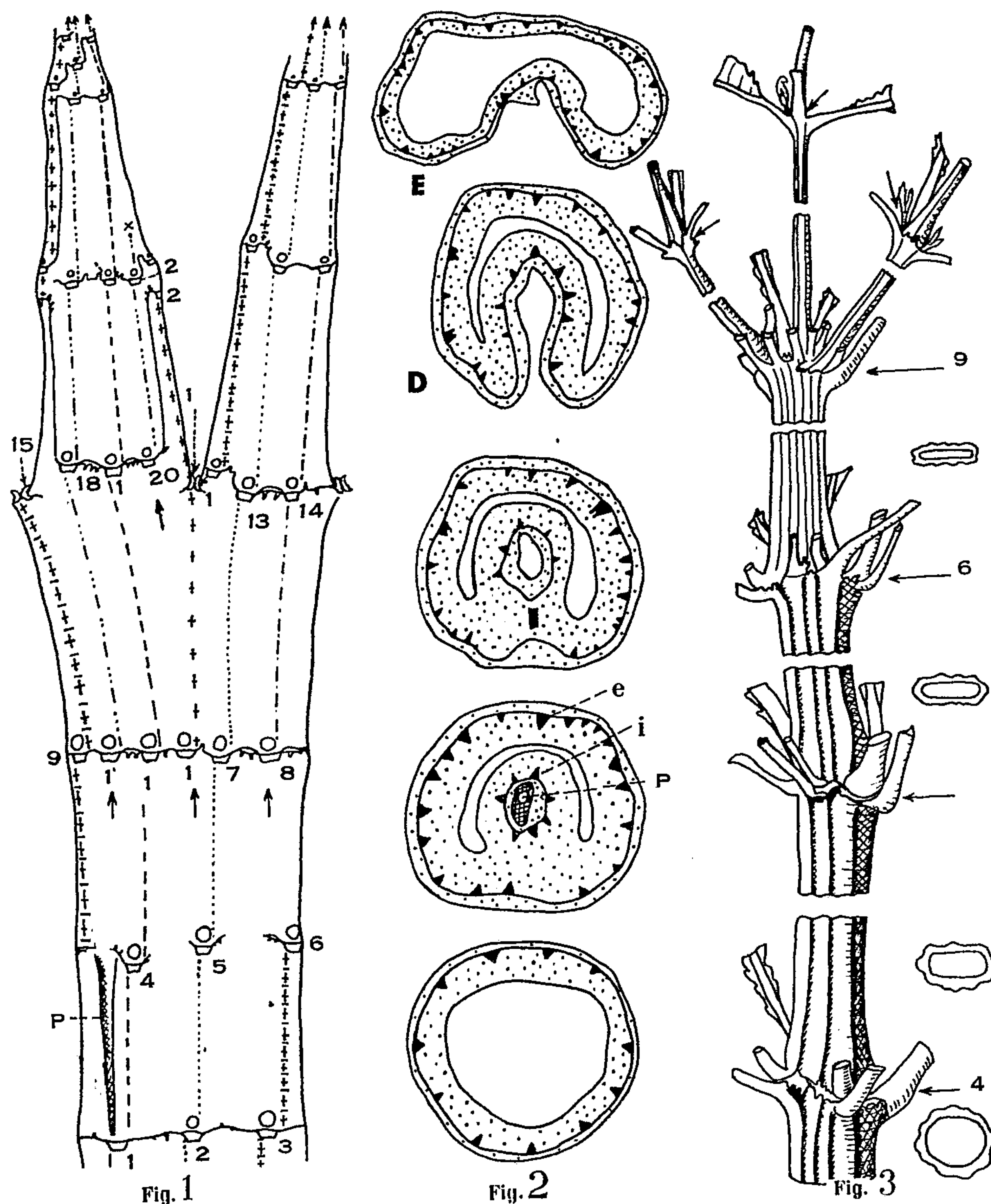


Fig. 1. — Tracé des hélices sur une tige développée. Le traumatisme (P) a été fait immédiatement après l'apparition du 6e verticille (feuilles 1, 2, 3). On remarque l'écartement des insertions du 7e verticille, l'apparition de 3 nouvelles hélices au 8e et d'une autre au 9e (flèches), tandis que la tige s'aplatit progressivement. La régularisation se produit par dissociation et extinction d'une hélice en 24. — 15 et 16, insertions de 2 feuilles soudées dans l'angle de la dissociation. Fig. 2. — Coupes transversales montrant le passage de la tige normale (A) à la fascie (E), dans un cas particulier. P, emplacement de la piqûre; *e*, anneau conducteur externe normal; *i*, anneau de faisceaux internes à orientation inverse. Les deux anneaux se réunissent en C et D. Fig. 3. — Branche d'une dissociation. On a représenté à droite la section tranversale de la tige au niveau correspondant; les chiffres indiquent le nombre des hélices à chaque nœud. (Les 3 figures se rapportent à des plantes différentes).

autre cycle. Le traumatisme a donc provoqué un *déséquilibre durable du point végétatif.*

3° Parmi nos sujets, certains présentent une *structure particulière,* déjà connue, *au niveau où commence la fasciation* (*fig.* 2). Un deuxième anneau conducteur (interne), dont les éléments ont une orientation inverse (liber du côté interne, bois du côté externe), se termine librement vers le bas, dans la cavité médullaire. Plus haut, il fusionne avec l'anneau normal, tandis que la tige prend en section la forme d'un U (*fig.* 2-D). Nestler (2), à propos de fasciations tubuleuses imparfaites, Rüdiger (3), décrivent des configurations identiques chez des anomalies spontanées. Nystérakis (4) en montre également dans des fasciations provoquées par un agent chimique. Par ailleurs, la présence de deux anneaux conducteurs a été constatée chez les fasciations tubuleuses, tant spontanées (Nestler, Compton), qu'expérimentales [Gorter (5)]. La similitude des structures observées dans nos plantes et dans celles de Nestler et Rüdiger, permet de penser que les processus ontogéniques ont pu être les mêmes. Ceci nous conduit à formuler l'hypothèse suivante : dans certains cas, au moins, les fasciations naturelles pourraient être dues à une *rupture de l'équilibre du point végétatif provoquée par une déficience de la zone axiale.* Compton (6) a proposé une explication semblable de la fasciation tubuleuse.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la biochimie d'une Lémanéacée nord-américaine,* Tuomeya fluviatilis, *Harvey.* Note (*) de M. **Jean Augier**, présentée par M. Roger Heim.

Tréhalose, floridoside, mucilage lévogyre à base de pentoses, glycogène, cellulose sont les principaux constituants glucidiques de *Tuomeya fluviatilis.* Comparaison est faite de cette algue avec les *Lemanea* et *Batrachospermum.*

Dans l'est de l'Amérique boréale (Appalaches, Laurentides) on peut rencontrer sur les pierres des ruisseaux rapides non seulement les filaments allongés des *Lemanea,* genre largement réparti dans l'hémisphère nord, mais aussi, plus rarement, les petites touffes rameuses d'une autre Lémanéacée endémique, *Tuomeya fluviatilis,* Harv. M. Jules Brunel, de Montréal, découvrit une première station de cette algue au Canada, en 1937 (1); il m'o adressé, en juillet 1953, une récolte provenant d'une

(2) *Sitzungsb. des math. nat. Cl. der K. Akad. der Wiss.,* 1894, p. 163.
(3) *Z. Bot.,* 41, 1953, p. 373.
(4) *Comptes rendus,* 229, 1949, p. 232.
(5) *Koninkl. Nederl. Akad. van Wetensch.,* 54 C, (2), 1951, p. 181-190.
(6) *New Phyt.,* 10, 1911, p. 253.

(*) Séance du 28 juin 1954.

seconde localité récemment reconnue par lui, le ruisseau de la Barrière, non loin de la station biologique du Mont Tremblant (province de Québec). Ces algues se trouvaient aux endroits un peu ensoleillés, dans une eau rapide, de pH 6,3; un lot d'environ 100 g fut expédié dans l'alcool, un autre séché à l'air, 15 g. Grâce à l'orientation fournie par l'étude préalable des *Lemanea* (²), (³), on a pu tirer parti de ces quantités, forcément restreintes, pour reconnaître les traits suivants de la biochimie.

Composition minérale. — La calcination des thalles séchés à 110° laisse 11,9 % de cendres, ocracées par suite de la présence du fer, solubles pour moitié dans l'eau qui entraîne notamment un peu de chlorures (13 % des cendres solubles, exprimé en KCl), un peu de potassium (14 % environ), 17 % de SO_4. On pourra constater que *Tuomeya* se rapproche de *Lemanea* par la quantité des cendres; la teneur médiocre en KCl évoque plutôt les Batrachospermes.

Sucres à petite molécule. — L'extrait alcoolique, dextrogyre, non réducteur, est soigneusement purifié; dans l'alcool fort cristallisent successivement :

1° Des prismes courts facilement identifiables au tréhalose : on en recueille 0,0556 g, ce qui permet de déterminer le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = 178$ et le point de fusion sur le bloc vers 110°. La poudre de *Sterigmatocystis nigra* transforme rapidement et complètement ce sucre en glucose, reconnaissable à son osazone.

2° De longues aiguilles, dont on a pu recueillir 0,0284 g : c'est le floridoside, pour lequel $[\alpha]_D = 150$, $F = 90°$, et dont l'hydrolyse par la levure basse libère du galactose ($[\alpha]_D = 80$, galactosazone).

Ensemble, ces deux sucres représentent 1,3 % du sec, le premier étant sans doute un peu plus abondant que le second. Ce sont les sucres des *Lemanea* — comme aussi des *Batrachospermum* — mais il appartient à ces derniers d'en contenir une si faible proportion.

Mucilages et cellulose. — A l'eau bouillante les thalles livrent une substance visqueuse un peu lévogyre, gélatinisant 5 à 6 fois seulement son poids d'eau; dans l'hydrolysat complexe, les constituants dextrogyres donnent leur signe au mélange. La potasse à 5 % solubilise beaucoup de mucilage lévogyre ($[\alpha]_D$ voisin de -65); l'hydrolysat ($[\alpha]_D = +22$ environ) renferme de l'arabinose, dont l'osazone est typique, et sans doute aussi du xylose; il donne avec la naphtorésorcine la réaction des acides uroniques.

Ainsi l'on ne retrouve pas, dans *Tuomeya*, le mucilage dextrogyre de

(¹) *Le Naturaliste canadien*, 64, 1937, p. 162.
(²) J. Augier, *Thèse*, Paris, 1934.
(³) J. Augier, *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 82, 1935, p. 612.

Lemanea, entraînable par l'eau chaude; la potasse, par contre, solubilise dans les deux cas des corps très analogues. Les mucilages de *Tuomeya* diffèrent chimiquement du gélin des Batrachospermes : la consistance cornée des thalles permettait, à première vue, de n'en pas douter.

Le bleuissement des membranes par l'iode, après passage des coupes dans l'acide sulfurique assez concentré, indique la présence de cellulose.

Glycogène. — En accord avec les observations de W.-A. Setchell ([4]) qui n'a vu les algues fructifiées qu'après la mi-octobre, je n'ai trouvé aucun gonimoblaste. Pourtant de nombreux endroits des thalles prenaient une teinte cuivrée dans le Lugol, indiquant les réserves glycogéniques. Ainsi se colore le contenu des grandes cellules proximales des pleuridies, celui des filaments descendants, groupés autour des cellules axiales; ces dernières, en raison sans doute de leur rôle principalement conducteur, restent incolores. On remarque la présence assez fréquente, dans les régions nodales, de filaments étroits qui se glissent entre les cellules arrondies du cortex, et se terminent à l'extérieur par un article saillant, pyriforme. Fortement colorables par l'iode, ces formations ressemblent peu aux spermatanges figurés par Setchell et font plutôt penser à des monosporocystes comme il en existe chez quelques Batrachospermes.

L'extraction du glycogène a été réalisée comme il est décrit à propos de *Lemanea*, en traitant par la potasse à 5 %, à l'ébullition, les thalles préalablement déchirés au mortier avec du sable. L'alcool précipite dans cet extrait un mélange lévogyre de glycogène et d'une quantité importante de mucilage demeuré dans les thalles après les premiers épuisements. On soumet ce mélange à l'amylase pancréatique; finalement le glucose est facile à reconnaître par son osazone.

Bien que séparés par des différences importantes dans la structure, les deux genres *Tuomeya* et *Lemanea* sont donc assez solidement unis par leur biochimie. Sur ce terrain pourtant, comme en ce qui touche la morphologie, *Tuomeya* n'est pas sans évoquer les Batrachospermes.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur l'activité des ions boriques retenus dans le sol.* Note de MM. **Georges Barbier** et **Jean Chabannes**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans une Note antérieure ([1]), nous avons montré que les sols sont susceptibles de retenir sous une forme stable, pratiquement non lessivable, une fraction importante des borates appliqués. Il importe de savoir si

([4]) *Proc. Amer. Acad. Arts. Sc.*, 25, 1890, p. 53.

([1]) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 966.

la concentration en bore de la solution en équilibre avec le sol augmente peu à peu par répétition des apports, comme c'est le cas pour les ions phosphoriques par exemple. Dans des cultures sur solutions coulantes, de concentration en borate croissante, nous avons constaté que la végétation de la Tomate a été largement favorisée, de 50 % environ, au delà de la guérison des symptômes pathologiques de carence en bore, puisqu'elle a été nettement inhibée, de 25 % par rapport à l'optimum, sans qu'apparaisse aucun symptôme de toxicité par excès.

Notre étude a porté sur quatre sols différents. 100 g de terre humide ont été mélangés avec une solution de borate de soude, à raison de 1,3 mg B/kg, soit 30 kg de borax par hectare de couche labourée. La terre a été ensuite séchée à l'air à la température ordinaire, puis réhumectée et mélangée à nouveau avec la même dose de borate. Et ainsi de suite 11 fois. Les opérations ont duré deux mois. Parallèlement des échantillons ne recevant pas de borate ont été traités de la même façon. On a ensuite soumis 10 g de terre à des séries de percolations sur filtre, par l'eau froide additionnée de $CaCl_2$ 0,01 N. Entre chaque série, le sol a été soumis à deux alternances de dessication et d'humectation. Le graphique ci-contre représente les quantités de bore passées successivement en solution dans chaque portion de 50 cm^3 de percolat.

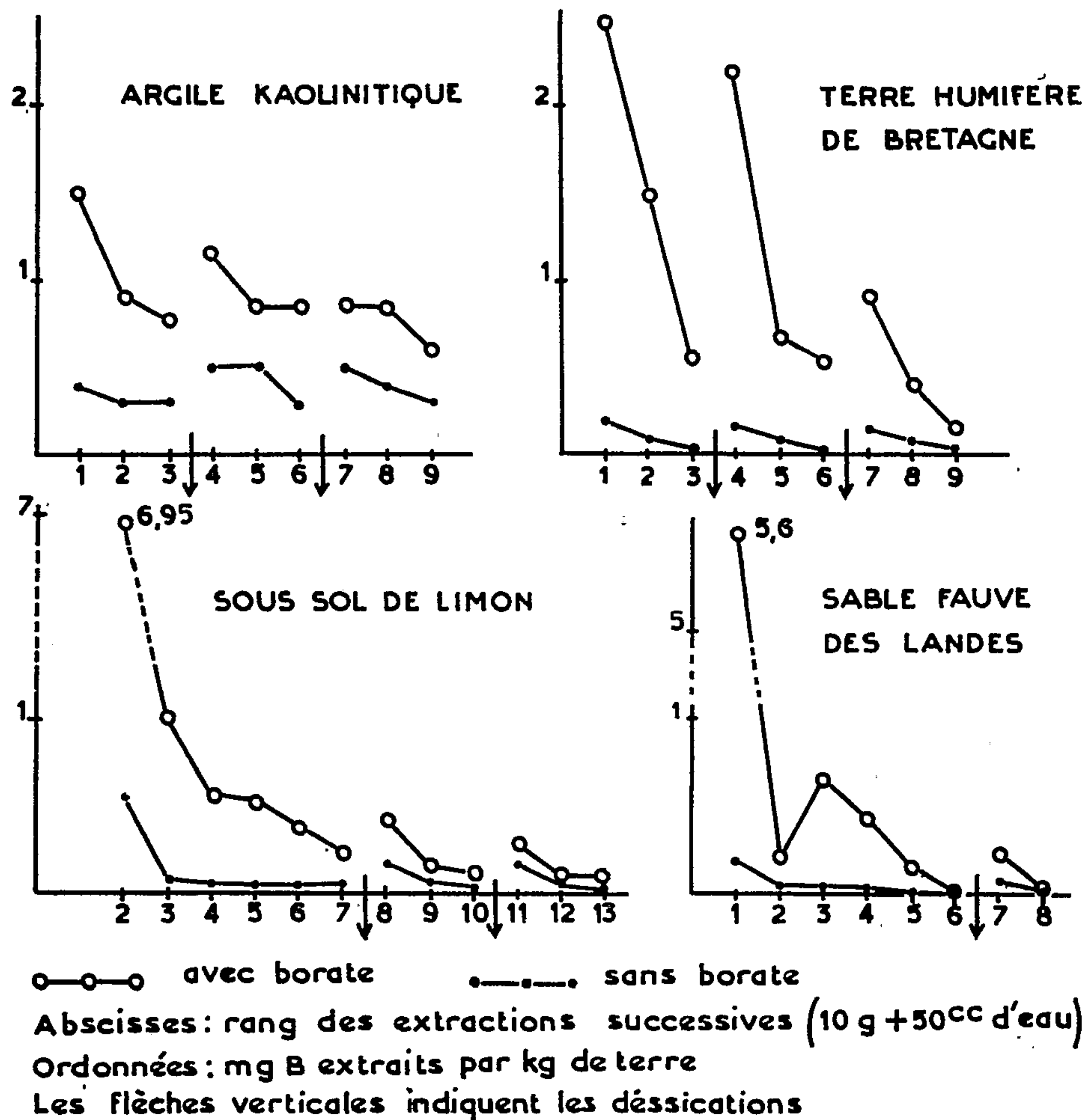
1° Dans les quatre sols étudiés, la majeure partie du bore appliqué n'est que très lentement lessivable. Il a fallu faire passer un volume d'eau correspondant à une hauteur de drainage de 13 à 20 m, pour extraire, respectivement dans l'ordre du graphique, 32, 65, 58 et 46 % du bore appliqué (par différence avec les témoins). Des extractions supplémentaires par l'eau bouillante n'ont pas permis de récupérer la totalité du bore. Cependant, une fraction du bore appliqué aux deux dernières terres a été assez rapidement lessivée (43 et 37 % au cours des deux premières extractions).

2° Aussi loin que nous ayons poussé les extractions, la concentration en bore du percolat est restée plus grande pour les terres boratées que pour les témoins. Les ions boriques retenus demeurent donc soumis à des équilibres de partage entre solide et liquide, présentant d'étroites analogies avec ceux relatifs aux ions phosphoriques. En particulier, le bore n'a pas formé de composés de solubilité définie.

3° Les alternances de dessication et d'humectation à la température ordinaire ont nettement favorisé la libération du bore. Par contre, nous n'avons pas constaté jusqu'à présent que ces alternances aient favorisé, pour un même temps de contact, la fixation du bore récemment appliqué.

Conclusion. — En accumulant peu à peu dans le sol des combinaisons boratées stables, dont la solubilité est certes très petite, mais augmente

avec la quantité de bore retenue, des applications indéfiniment répétées de borates aux terres cultivées sont susceptibles d'exercer sur la fertilité des répercussions lointaines, mais durables, utiles ou nuisibles selon les doses appliquées.



Abscisses : rang des extractions successives (10 g + 50cc d'eau)
Ordonnées : mg B extraits par kg de terre
Les flèches verticales indiquent les déssications

M. A. Demolon. — La conservation des sols ne doit pas se limiter à la lutte contre l'érosion, il faut aussi se préoccuper de maintenir leur capacité de production. A cet égard, l'apport systématique et répété de substances susceptibles de toxicité impose que leur posologie et leur application s'inspire de la marge de sécurité variable avec la nature du sol et des cultures. L'attention doit se porter sur les pulvérisations, c'est-à-dire l'introduction de ces substances par la voie foliaire.

PHYSIOLOGIE. — *Métachronoses propagées d'origine périphérique sur les fibres nerveuses*. Note de M. **Paul Chauchard** et Mme **Henriette Mazoué**, présentée par M. Robert Courrier.

La chronaxie des fibres nerveuses est modifiée sous l'influence des centres (phénomène de subordination de L. et M. Lapicque); B. et P. Chauchard ont montré (1) qu'il s'agissait de la répercussion sur l'ensemble de la fibre des variations électriques siégeant au niveau du soma neuronique d'où la qualification de somatogène proposée par L. Lapicque pour cette métachronose (2). Ce processus rigoureusement physiologique se cantonne au neurone envisagé et disparaît si l'on soumet le soma à une action trop intense.

Il existe un autre type de métachronose propagée à distance sur les fibres nerveuses, c'est la métachronose rétrograde décrite par H. Fredericq (3) sur les nerfs effecteurs (sympathiques ou motricité de relation) : des modifications de la tension du muscle innervé retentissent à distance sur la chronaxie du nerf, influence s'exerçant en sens inverse de l'influx nerveux normal et indépendamment de lui puisque la métachronose peut franchir de façon antidromique les synapses ganglionnaires. Des phénomènes analogues ont été obtenus par D. T. Barry et A. et B. Chauchard (4) et par A., B. et P. Chauchard (5) sur des fibres effectrices sympathiques. Ces métachronoses observées sur des nerfs séparés des centres ne peuvent aucunement être d'origine réflexe.

De nouvelles recherches nous ont permis de retrouver des phénomènes de même ordre et de montrer qu'ils pouvaient aussi s'observer sur les fibres sensitives mais cette fois dans le sens normal de conduction.

1° Appliquons de la glace sur l'extrémité de la patte d'un rat anesthésié, conditions qui éliminent à la fois l'action directe du froid qui augmenterait la chronaxie et l'effet réflexe encéphalique qui la diminuerait (6); dans ces conditions les chronaxies motrices d'extension et de flexion des orteils mesurées au niveau du genou sont normales, par contre la chronaxie sensitive du réflexe de flexion de la patte opposée mesurée sur le sciatique à la partie moyenne de la cuisse est augmentée. Avec la chaleur on a inversement une diminution de chronaxie. Il ne s'agit pas de l'effet du message sensitif normal car une ligature du nerf entre le

(1) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 160.
(2) L. Lapicque, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 139.
(3) *Arch. Int. Physiol.*, 36, 1933, p. 400.
(4) *C. R. Soc. Biol.*, 102, 1929, p. 525.
(5) *Arch. Int. Pharmac.*, 57, 1937, p. 241.
(6) A. et B. Chauchard et P. Chauchard, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1021.

point de mesure et la périphérie qui interrompt la transmission des influx n'empêche pas la métachronose qui ne disparaît que par section du nerf. Il y a diffusion le long du nerf à partir de la perturbation périphérique, origine du message sensitif, cette propagation ayant une importance physiologique ; elle peut atteindre la moelle et être à l'origine de processus réflexes.

2° Si l'action thermique locale porte sur le muscle gastrocnémien ou si l'on soumet celui-ci à une traction par extension forcée on observe sur les fibres nerveuses motrices de ce muscle dans le nerf sciatique séparé des centres une métachronose rétrograde, allongement pour le froid, diminution pour le chaud ou la traction. Nous confirmons donc sur le nerf moteur les observations antérieures.

Qu'elles soient ou non rétrogrades, nous proposons d'appeler ces métachronoses propagées d'origine périphérique du nom de *télogènes* (du grec *télos*, extrémité) pour les opposer aux métachronoses somatogènes d'origine centrale. Bien que de principe analogue, il s'agit de phénomènes différents car la métachronose née dans la terminaison nerveuse dépend d'actions extérieures plus intenses que la métachronose somatogène et ne disparaît pas quand on augmente l'intensité de cette perturbation; elle ne se limite pas au seul neurone intéressé; elle semble donc un peu moins physiologique que la métachronose somatogène et fait transition vers le troisième type de métachronose propagée que nous avons mis en évidence ([7]), la métachronose d'irritation nerveuse nettement pathologique qui se transmet dans les mêmes conditions à partir d'un point quelconque de l'axone soumis à une violente irritation physique ou chimique, métachronose que l'on peut qualifier d'*axonogène*. Métachronose télogène et métachronose axonogène ont en commun d'être empêchées par l'injection de cortisone.

PHYSIOLOGIE. — *Note sur les corrélations rencontrées dans l'étude des mouvements volontaires effectués à la cadence spontanée*. Note (*) de MM. **Simon Bouisset**, **Roger Huron**, **Lucien Lauru** et **Louis-Camille Soula**, présentée par M. Léon Binet.

Dans une précédente publication ([1]) nous avons communiqué les premiers résultats déduits de l'analyse systématique des courbes enregistrées au Centre

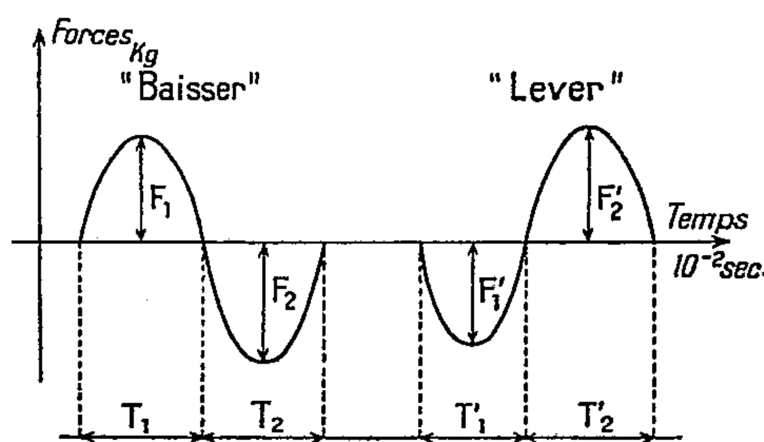
([7]) B. et P. Chauchard et H. Mazoué, *C. R. Soc. Biol.*, 147, 1953, p. 1869,

(*) Séance du 28 juin 1954.

([1]) Communication présentée à la 21e réunion de l'Association des Physiologistes de langue française, Paris, les 21, 22 et 23 mai 1953.

d'Études scientifiques de l'Homme. Les corrélations qui suivent constituent la suite de cette étude, qui est, rappelons-le, celle du mouvement de flexion et du mouvement de redressement, pour une population de 85 sujets d'âges comparables.

1. TECHNIQUE. — Notre appareillage à quartz piézoélectriques permettant d'enregistrer, à chaque instant de son mouvement, la somme des forces mises en jeu par le sujet examiné, nous avons porté notre attention sur les flèches d'accélération F_1, F'_1 et de décélération F_2, F'_2, et la durée des phases correspondantes : T_1, T'_1, T_2, T'_2 (*fig.* 1).



Les sujets examinés étaient tenus d'exécuter six fois, et à leur cadence spontanée, les mêmes mouvements. Un intervalle de trois secondes séparait deux mouvements consécutifs. Chaque valeur figurant sur nos graphiques de corrélation est la moyenne des mesures faites d'après les six enregistrements correspondants.

2. RÉSULTATS. — *a. Corrélations significatives :*

(1)
F_1-F_2 : $r =$ 0,838, F'_1-F'_2 : $r =$ 0,863,
F_1-F'_1 : $r =$ 0,810, F_2-F'_1 : $r =$ 0,769,
F_1-F'_2 : $r =$ 0,816, F_2-F'_2 : $r =$ 0,721;

(2)
T_1-T_2 : $r =$ 0,580, T'_1-T_2 : $r =$ 0,646,
T_1-T'_1 : $r =$ 0,579, T_2-T'_2 : $r =$ 0,513,
T_1-T'_2 : $r =$ 0,675, T'_1-T'_2 : $r =$ 0,501;

(3) F_1-T_1 : $r = -$ 0,617, F_2-T_2 : $r = -$ 0,714;

(4) F_1-$(T_1 + T_2)$: $r = -$ 0,708, F_2-$(T_1 + T_2)$: $r = -$ 0,717;

(5)
$(F_1 + F_2)$-$(F'_1 + F'_2)$: $r =$ 0,833,
$(T_1 + T_2)$-$(T'_1 + T'_2)$: $r =$ 0,798;

(6)
$(T_1 + T_2)$-$(F_1 + F_2)$: $r = -$ 0,742,
$(T'_1 + T'_2)$-$(F'_1 + F'_2)$: $r = -$ 0,749;

b. Corrélations non significatives :

(7)
$$\begin{cases} F_1\text{-Poids du sujet : } r = 0{,}291, \\ F'_1\text{- » » : } r = 0{,}282, \\ F_2\text{- » » : } r = 0{,}199, \\ F'_2\text{- » » : } r = 0{,}165; \end{cases}$$

(8)
$$\begin{cases} \frac{T_2}{T_1}\text{-Poids du sujet : } r = \quad 0{,}005, \\ \frac{T'_2}{T'_1}\text{- » » : } r = -0{,}100; \end{cases}$$

(9)
$$\begin{cases} F'_1\text{-Traction lombaire verticale : } r = 0{,}039, \\ F'_2\text{- » » » : } r = 0{,}046. \end{cases}$$

3. Interprétation des résultats. — Les six premiers groupes de corrélations font apparaître que dans un mouvement simple de flexion (ou de redressement) les phases d'accélération et de freinage sont significativement liées (aussi bien en temps qu'en forces). On constate également que le mouvement de flexion et celui de redressement sont dépendants linéairement l'un de l'autre.

Les corrélations non significatives apportent la preuve que l'on peut admettre qu'il n'existe pas de relation entre les flèches d'accélération ou de freinage, et le poids de l'individu et qu'il n'y a pas de rapport entre F'_1 ou F'_2 et la traction lombaire.

Nous aurons l'occasion de revenir sur ces résultats.

De la simple lecture des diagrammes de corrélations résultent les deux lois générales suivantes :

1° Dans tout mouvement de flexion, effectué à la cadence spontanée, la durée de la phase de freinage est toujours supérieure à la durée de la phase d'accélération.

2° Dans tout mouvement de redressement, effectué à la cadence spontanée, l'accélération maximum est supérieure au freinage maximum.

En ce qui concerne le sujet moyen de la population étudiée, nous constatons que, dans la flexion, son temps de freinage est supérieur d'une manière très hautement significative, à son temps d'accélération. Dans le redressement, le temps de freinage est encore significativement supérieur au temps d'accélération.

On a

$$(T_1)_m = 50.10^{-2}\,\text{s}, \qquad (T'_1)_m = 50.10^{-2}\,\text{s},$$
$$(T_2)_m = 65.10^{-2}\,\text{s}, \qquad (T'_2)_m = 53.10^{-2}\,\text{s}.$$

Par ailleurs, il se baisse plus lentement qu'il ne se relève; mais la force maximum mise en jeu dans le redressement n'est pas significativement supérieure à celle mise en jeu dans la flexion.

On obtient :

$$(T_1+T_2)_m = 116.10^{-2}\,s, \qquad (T'_1+T'_2)_m = 104.10^{-2}\,s$$

et

$$(F_1+F_2)_m = 30{,}5\,kg, \qquad (F'_1+F'_2)_m = 32{,}1\,kg,$$

RADIOPHYSIOLOGIE. — *Différenciation des tumeurs pulmonaires et médiastinales par l'épreuve radiologique sous forte pression positive ou négative.* Note (*) de M. **Maurice Marchal** et Mme **Marie-Thérèse Marchal**, présentée par M. René Leriche.

Nous référant à notre Note de juillet 1950 [1], nous rappelons que la méthode d'hyperpression pulmonaire contrôlée telle que nous l'avons mise au point, méthode dérivée de la méthode classique de Valsalva, permet de différencier radiologiquement les vaisseaux et les affections vasculaires thoraciques des affections non vasculaires ainsi que certaines maladies du parenchyme.

Nous voulons rapporter ici une nouvelle application aux tumeurs pulmonaires.

Précisons d'abord que l'ordre de diminution de volume des différentes formations thoraciques est le suivant :

1° les veines de la grande circulation (veine cave, azygos) diminuent le plus, puis 2° les artères pulmonaires et les veines pulmonaires et enfin 3° l'aorte et la masse cardiaque. Cet ordre habituel peut varier. Cela dépend de la sclérose des gros vaisseaux, mais il est constant de trouver la plus grande diminution pour la veine cave et l'azygos.

D'autre part, nous avons remarqué que certaines tumeurs pulmonaires sont compressibles par l'épreuve de Valsalva et que leur diamètre radiologique diminue dans les mêmes proportions que les vaisseaux et le cœur sous l'épreuve de Valsalva en hyperpression. Dans certains cas même, ce diamètre diminue davantage. La différence de volume peut encore être augmentée en faisant une deuxième épreuve respiratoire : celle de Burger-Muller ou inspiration forcée à glotte fermée. Certaines tumeurs restent complètement inchangées, même sous l'influence d'une hyperpression intra-thoracique, positive ou négative, considérable. Nous avons eu l'occasion de faire plusieurs vérifications opératoires de ces tumeurs et, à la lumière de ces constatations chirurgicales, nous pouvons affirmer que les tumeurs non compressibles sont des tumeurs dures, ayant à la palpation de la pièce opératoire, la consistance du bois, tandis que les tumeurs compressibles

---

(*) Séance du 21 juin 1954.

[1] M. Marchal, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 388.

ont une consistance molle, telle que celle du parenchyme densifié. Or, la grande majorité des tumeurs dures incompressibles, tant par l'hyperpression thoracique que par la palpation manuelle, sont des cancers tandis que les autres tumeurs sont en majorité bénignes. Il est évident que cette règle n'est pas absolue mais le seul fait de savoir que le chirurgien rencontrera une tumeur d'une dureté ligneuse est déjà un renseignement qui, dans certains cas, peut être de grande importance et peut nous conduire au diagnostic grâce à la confrontation avec d'autres examens biologiques.

— La technique de cet examen sous hyperpression extrême est la suivante :

Le malade est placé derrière l'écran radioscopique, il est fixé au dossier par une ceinture, ce point est important car un déplacement du thorax empêche la comparaison des clichés. On lui demande de faire une forte inspiration par le nez (il faut vérifier le degré inspiratoire maximum par la radioscopie) puis, immédiatement après, le malade souffle grâce à un embout, dans un tube de caoutchouc à paroi épaisse relié à un manomètre à mercure. La pression doit dépasser au moins 5 cm de mercure (65 cm d'eau) soutenue pendant 12 s. Les premiers essais ne donnent, en général, pas de résultats satisfaisants; ce n'est qu'après avoir entraîné le malade que l'on arrive à obtenir des pressions importantes, nous avons ainsi pu, dans le cas de tumeur pulmonaire, obtenir des pressions allant jusqu'à 130 cm d'eau, soutenues pendant 15 s. A ce moment, on prend le cliché radiographique en instantané, qui est comparé avec un autre cliché, standard en inspiration forcée, pris immédiatement après ou avant l'épreuve d'hyperpression. Cette forte pression est nécessaire pour agir sur les tumeurs, mais pour agir sur les vaisseaux seuls, nous avons remarqué que la limite théorique de pression endopulmonaire au delà de laquelle il n'est pas nécessaire de monter correspond à la pression veineuse périphérique prise pendant l'effort. Pour avoir une action nette sur les tumeurs il est cependant nécessaire de dépasser cette pression théorique. Il est donc utile de connaître exactement la pression intrapulmonaire à laquelle nous avons radiographié le malade en Valsalva et la durée d'action de cette pression. Dans ce but, nous avons imaginé le dispositif suivant :

Un tube en « U » rempli de mercure est fixé directement sur l'écran radioscopique, entre l'écran et le sujet de façon à pouvoir être radiographié directement sur le film au moment de la prise du cliché à la fin de l'épreuve d'hyperpression. Le tube de caoutchouc, tenu dans la bouche du sujet, est fixé sur l'une des branches de l'U, l'autre branche étant en communication avec l'air libre ou obturée. Comme la radiographie est faite à 2 m de distance foyer-film, la hauteur de la dénivellation du mercure peut être mesurée avec précision sur la radiographie. Un autre avantage de ce dispositif est de pouvoir être employé aussi en hypopression négative (épreuve

de Burger-Muller). Simultanément nous radiographions sur le même film un compteur de secondes opaque aux rayons X de façon à pouvoir lire sur le film le temps pendant lequel s'est exercée l'hyper ou l'hypopression. Ainsi sont fixés directement sur le film les paramètres dont la connaissance permet de juger la valeur de l'épreuve et donne la possibilité de faire une nouvelle épreuve de contrôle dans les mêmes conditions.

Il est évident que cette technique d'hyperpression extrême ne doit pas être utilisée dans les cas où il existerait un anévrysme aortique mais uniquement dans les cas de tumeurs pulmonaires intraparenchymateuses. S'il y a doute sur la nature anévrysmale de la tumeur on fait d'abord une hyperpression faible à 3 cm de mercure par exemple, c'est-à-dire 39 cm d'eau. Cette épreuve d'hyperpression faible est suffisante pour éliminer un anévrysme. Sinon, il y a lieu de faire le diagnostic de la nature anévrysmale de la tumeur par la ciné-densigraphie [2].

Un moyen d'augmenter la précision des mesures de comparaison est d'utiliser un tube radiographique à agrandissement direct à foyer fin de 0,3 mm qui nous donne facilement un agrandissement direct de 3 fois. Ainsi toutes les variations de volumes sont amplifiées en proportion et les erreurs de lecture sont moindres. Cette méthode d'amplification directe est également valable pour la comparaison des images vasculaires artérielles ou veineuses et des tractus intraparenchymateux non vasculaires ainsi que nous l'avions établi dans notre précédente Note de 1950.

ENDOCRINOLOGIE. — *Recherches sur le contrôle hormonal de la charge en glycogène du foie fœtal du Lapin et du Rat,* Note de MM. **Alfred Jost** et **Robert Jacquot**, présentée par M. Robert Courrier.

On sait, depuis les recherches classiques de Claude Bernard en 1859 [1], que le foie du fœtus se charge de glycogène à partir d'un stade déterminé du développement, qui suit de près le moment où le placenta, riche en glycogène jusque là, s'appauvrit considérablement. Lochhead et Cramer [2] ont montré que chez le fœtus de Lapin la charge hépatique commence au 25e jour de la gestation, fait que nous confirmons.

Nous avons recherché si des facteurs hormonaux contrôlent, chez le fœtus comme chez l'adulte, le dépôt de glycogène dans le foie [3]. Au cours

---

([2]) M. Marchal, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 268.

([1]) *J. Physiol. Homme et Anim.*, 2, 1859, p. 31 et p. 326.

([2]) *Proc. Roy. Soc. B. London*, 80, 1908, p. 263.

([3]) Rappelons que M. Aron (*Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 65, 1931, p. 438) a attiré l'attention sur le parallélisme existant entre le début de la « pullulation des ilots de Langerhans » et le dépôt du glycogène hépathique.

d'une première série d'expériences, Jost et Hatey ([4]) ont constaté que le foie de fœtus de Lapin, privés de leur hypophyse à 19 jours par décapitation, n'a pratiquement pas accumulé de glycogène vers la fin de la gestation; les teneurs observées à 28 jours chez les décapités restent voisines de celles qui caractérisent les fœtus de moins de 25 jours (teneurs moyennes : 16 témoins = 20,06 mg de glycogène par gramme de foie frais; 8 décapités = 1,58 mg/g). De plus chez les décapités les surrénales sont atrophiées ([5]). Quelques essais faits, à l'époque, pour restaurer la fonction glycogénique à l'aide de corticostéroïdes étaient restés infructueux ([4]).

Nous avons repris ces recherches à l'aide des mêmes techniques ([4]) et nous confirmons tout d'abord le fait que chez les fœtus de Lapin décapités, entre 19 et 22 jours, et étudiés à 28 jours la charge hépatique en glycogène n'a pas lieu (6 nouveaux cas).

Divers traitements hormonaux ont été essayés. L'administration de corticostimuline (A. C. T. H. Organon), au moment de la décapitation et à la dose de 4 à 6 mg par fœtus, s'est montrée capable de provoquer une accumulation, parfois tout à fait normale, de glycogène dans le foie des fœtus décapités (6 cas) et de permettre une organogenèse normale de la surrénale. L'une des expériences est particulièrement démonstrative car, sur deux frères décapités de la même portée, l'un a reçu de la corticostimuline et a un foie riche en glycogène (17,2 mg/g) alors que son frère seulement décapité en est presque dépourvu (2,3 mg/g).

Au cours de quelques dosages effectués sur le Rat, Jost et Hatey (inédit) avaient constaté que le foie de fœtus décapités à 16 jours renferme à 20 jours une quantité appréciable de glycogène, mais nettement plus faible que celle contenue dans le foie des témoins. L'un de nous (R. J.) a repris cette étude et a vérifié que chez les fœtus de Rat décapités avant que ne débute la charge glycogénique du foie, c'est-à-dire avant le stade de 19 jours, le foie s'enrichit en glycogène mais moins que chez les témoins (teneurs moyennes : 1° à 17 jours = 0,8 mg/g; 2° à 20 jours, témoins = 51 mg/g; décapités (6 cas) = 24 mg/g. La différence entre témoins et décapités est loin d'être aussi accentuée que chez le Lapin, bien que les surrénales des fœtus de Rat décapités soient également très atrophiées; nous nous sommes demandé si des hormones maternelles ne pourraient pas intervenir, et les expériences ont été répétées sur des femelles qui ont été surrénalectomisées au moment où les fœtus étaient opérés. Dans ces conditions le foie des fœtus décapités renferme des quantités minimes de glycogène (moyenne de 8 cas = 2,8 mg/g, à 20 jours) alors que les témoins sont comparables à ceux provenant de mères non surrénalectomisées. Ces faits semblent

---

([4]) *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 146.
([5]) A. Jost, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 273.

indiquer que chez les rates non surrénalectomisées les hormones maternelles peuvent agir sur le foie des fœtus décapités et masquer dans une certaine mesure l'insuffisance endocrine qu'entraîne la décapitation.

En conclusion, l'ensemble des recherches préliminaires précédentes suggère donc que l'hypophyse et la surrénale fœtales jouent un rôle important dans la charge en glycogène du foie, sans qu'il soit encore possible de préciser si d'autres glandes endocrines n'interviennent pas également (6).

ENDOCRINOLOGIE. — *Action des extraits corticaux des glandes surrénales et de la désoxycorticostérone sur la production calorique du Lapin.* Note de (*) MM. **Théophile Cahn** et **Jacques Houget**, présentée par M. André Mayer.

On montre que les hormones de la corticale surrénale peuvent intervenir dans la surproduction calorique que déclenche l'alimentation chez le Lapin.

Des expériences antérieures nous ont montré que l'insuline (1) ainsi que l'adrénaline (2) interviennent dans l'augmentation importante de la production calorique de 24 h que provoque la prise de nourriture chez le Lapin (3). Nous examinons ici les répercussions de l'administration d'extraits de la corticale surrénale et de désoxycorticostérone.

La production calorique des animaux est suivie par la mesure continue des échanges. Les valeurs témoins de chaque lapin sont déterminées dans les jours précédant l'expérience proprement dite. Dans les conditions de nos mesures la production calorique des animaux est remarquablement constante d'un jour à l'autre et permet donc l'interprétation de variations même faibles. Une mesure intermédiaire est faite au bout de 7 h pour connaître le premier effet des produits administrés. Nous avons utilisé l'acétate de désoxycorticostérone et comme extrait cortical total la préparation « Novocortex » des laboratoires Iscovesco.

Différents auteurs ont cherché l'influence des extraits corticaux sur les échanges respiratoires d'animaux normaux sans observer d'effet. Ce résultat est d'autant plus surprenant que des animaux surrénalectomisés exposés au froid ne peuvent plus augmenter leur production calorique et se refroidissent tandis qu'une administration préalable d'extrait cortical leur permet de lutter activement et efficacement contre le froid (4).

(6) Les expériences rapportées dans cette Note reprennent et étendent, en ce qui concerne le Rat du moins, les données préliminaires présentées récemment par A. Jost dans *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* 19 (sous presse).

(*) Séance du 28 juin 1954.

(1) Th. Cahn et J. Houget, *J. Physiol.*, 45, 1953, p. 429.

(2) Th. Cahn et J. Houget, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2556.

(3) Th. Cahn et J. Houget, *J. Physiol.*, 44, 1952, p. 115.

(4) O. Thibault, *Rev. Canad. Biol.*, 8, 1949, p. 3; R. Tyslowitz et E. B. Astwood, *Amer. J. Physiol.*, 136, 1942, p. 22.

Le début du tableau donne des exemples de résultats obtenus sur des lapins au deuxième jour de jeûne. Les variations observées après administration des hormones dépassent nettement les différences obtenues dans les expériences témoins. Nous observons ainsi une action de l'extrait cortical et de la désoxycorticostérone sur les échanges de l'animal normal à jeûn, mais les effets ne se produisent pas toujours dans le même sens; c'est cette irrégularité ainsi que la faible amplitude qui doivent expliquer qu'une possibilité d'action n'ait pas été retenue. La fin du tableau reproduit des exemples de résultats obtenus sur le Lapin alimenté. On observe ici régulièrement dans les 7 h qui suivent l'injection une faible mais nette augmentation des échanges qui est d'autant plus significative qu'il n'y a pas d'influence sur la prise de nourriture des animaux. L'effet peut persister dans la période consécutive ou au contraire faire place à une diminution compensatrice et la production calorique de 24 h reste constante ou augmente légèrement. Les valeurs du quotient respiratoire ne montrent pas de variations systématiques; il n'y a donc pas de changement dans les processus métaboliques au cours de l'action des hormones corticales.

	Produit et quantité injectées par kilogramme animal.	Variation en % de la production calorique — des 7 premières heures.	— des 24 heures.
Jeûneur.	0,25 cm³ extrait cortical (*)........	— 4,5	— 7,2
	0,50 cm³ »	+ 7,1	+ 0,8
	1 mg désoxycorticostérone.........	+ 6,3	+ 1,3
Alimenté.	0,25 cm³ extrait cortical...........	+10,4	+10,7
	0,25 cm³ »	+ 6,7	0
	1 mg désoxycorticostérone.........	+ 4,1	0

(*) 1 cm³ d'extrait cortical correspond à 10 g de cortex frais.

Comme les substances corticales des glandes surrénales ne se montrent pas régulièrement actives sur la production de chaleur du Lapin jeûneur, tandis qu'elles le sont chez l'alimenté, on peut en déduire que la prise de nourriture met en jeu un facteur complémentaire qui favorise ou ajuste leur action stimulante sur les échanges. D'une manière analogue l'effet si important sur la thermogénèse que l'on obtient avec ces composés chez l'animal surrénalectomisé exposé au froid provient de l'intervention complémentaire du système nerveux mis en activité par le froid. Cette conception cadre bien avec le fait que les hormones corticales ne deviennent

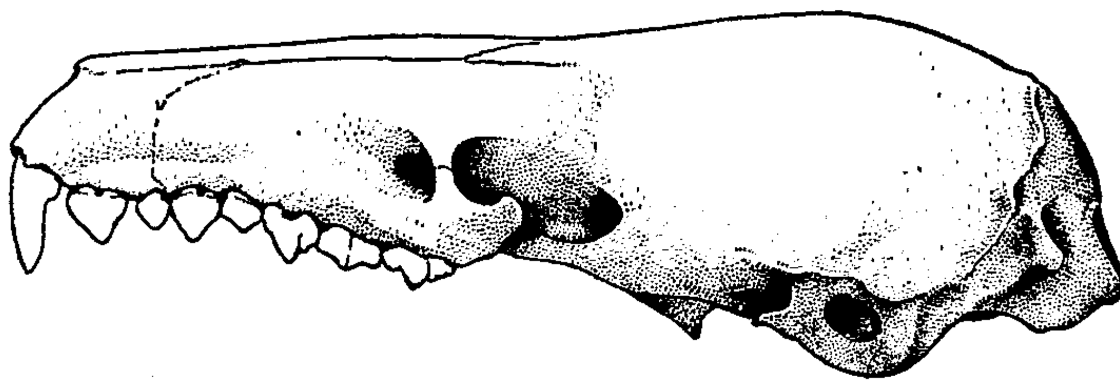
(5) D. E. Holtkamp, R. M. Hill, B. B. Longwell, E. R. Rutledge et A. R. Buchanan, *Amer. J. Physiol.*, 156, 1949, p. 368.

actives chez le Rat qu'au 18e jour après la naissance lorsque la différentiation du système nerveux est devenue suffisante.

Les hormones du cortex surrénalien, tout comme l'insuline et l'adrénaline, peuvent donc intervenir dans l'augmentation de la production calorique qu'entraîne l'alimentation chez le Lapin.

ZOOLOGIE. — *Un genre inédit et inattendu de Mammifère (Insectivore* Tenrecidæ) *d'Afrique Occidentale.* Note de M. **Henri Heim de Balsac**, transmise par M. Maurice Caullery.

Les Insectivores *Tenrecidæ*, essentiellement malgaches, sont représentés, dans la grande île, par des formes rappelant les unes des Hérissons (*Tenrecinæ*), les autres des Musaraignes (*Oryzorictinæ*). Sur le continent africain, on n'en connaissait qu'une seule espèce, *Potamogale velox* Du Chaillu, qui représente une sous-famille spéciale (*Potamogalinæ*). Cette forme est caractérisée par une morphologie cranienne et une denture particulières, par la coalescence des orteils 3 et 4, ainsi que par une queue d'un type unique parmi les Insectivores, aplatie transversalement et carénée, dont le diamètre de base est sensiblement égal à celui du corps, comme chez les Pinnipèdes ou les Cétacés.



× 3.

Nous avons eu la surprise de trouver, parmi les Insectivores récoltés dans le massif du Nimba, en Guinée française [1], un spécimen d'un genre inédit et inattendu, que nous proposons de nommer :

Micropotamogale gen. nov. — *Micropotamogale* se rattache manifestement aux *Potamogalinæ* par la morphologie générale de son crâne et de sa denture, ainsi que par la coalescence des orteils 3 et 4. Mais il se distingue très nettement du genre *Potamogale* par sa queue, normale et non aplatie, par sa denture zalambtodonte et non dilambtodonte, par son rhinarium charnu, alors que celui de *Potamogale* est kératinisé et forme deux opercules cornés devant les narines, enfin par l'évolution remarquable de son oreille moyenne, transformée en bulle presque parfaite (*voir* figure)

[1] Mission Lamotte et Roy, juillet-décembre 1951.

avec présence d'un canal carotidien et non pas seulement d'une gouttière. Le basisphénoïde, plus développé, recouvre complètement l'anneau tympanique, qui est réduit à l'anneau primitif. Une semblable évolution de l'oreille moyenne n'existe chez aucun autre *Tenrecidæ* et reste exceptionnelle chez les Insectivores Lypotyphles.

Micropotamogale lamottei sp. nov. (spécimen de sexe indéterminé, immature; dentition de lait complète, première molaire achevée, deuxième en éruption; capturé à Ziéla, dans une savane au pied du Nimba, altitude 550 m, en novembre 1951). — *M. lamottei* se distingue d'un *Potamogale velox* de même développement dentaire par sa taille, inférieure presque de moitié, comme l'indiquent les dimensions suivantes, en millimètres. Crâne : longueur condylo-incisive, 29,3 (au lieu de 49,5); largeur maximum capsule, 13,2 (21,2); largeur interorbitaire, 5 (8,5); largeur maxillaire, 11,5 (18); mandibule, 18 (33). Pied (ongles compris), 18,5 (39). Queue : longueur, 78 (150); diamètre à la base, 5 (25).

La denture semble réduite : pas de germe visible sur radiographie derrière M_2 (*Potamogale* possède 3 M); dents plus petites : rangée supérieure incisive — M^1, 12,5 (22); rangée inférieure, 10 (19). Du point de vue morphologique, i^1, i^2 et *c* sont analogues dans les deux espèces; i^3 et Pm^2 sont plus réduites chez *Micropotamogale*, Pm^3 est comme chez *Potamogale*, mais sans style; Pm^4, molariforme, est également dépourvue de style, zalambtodonte et non dilambtodonte, avec paracone et métacone réunis, M^1 zalambtodonte.

Sur la mandibule, i_3, C et Pm_2 ont des couronnes basses, simplifiées, imbriquées comme chez les *Soricidæ*, très différentes de celles de *Potamogale*, tandis que i_2, Pm_3, Pm_4 et M_1 sont semblables dans les deux formes.

Tubercules carpiens et tarsiens plus développés chez *Micropotamogale* et plus nombreux (5 tubercules carpiens au lieu de 4). Les phalanges 1 et 2 des orteils 3 et 4 sont réunies par du tissu fibreux, sans soudure osseuse, dans un genre comme dans l'autre.

La queue, cylindrique, s'atténue progressivement; elle est couverte de poils courts, foncés, ne masquant pas le tégument.

Le pavillon de l'oreille, proportionnellement plus court que chez *Potamogale*, est densément couvert de poils, au contraire de *Potamogale*.

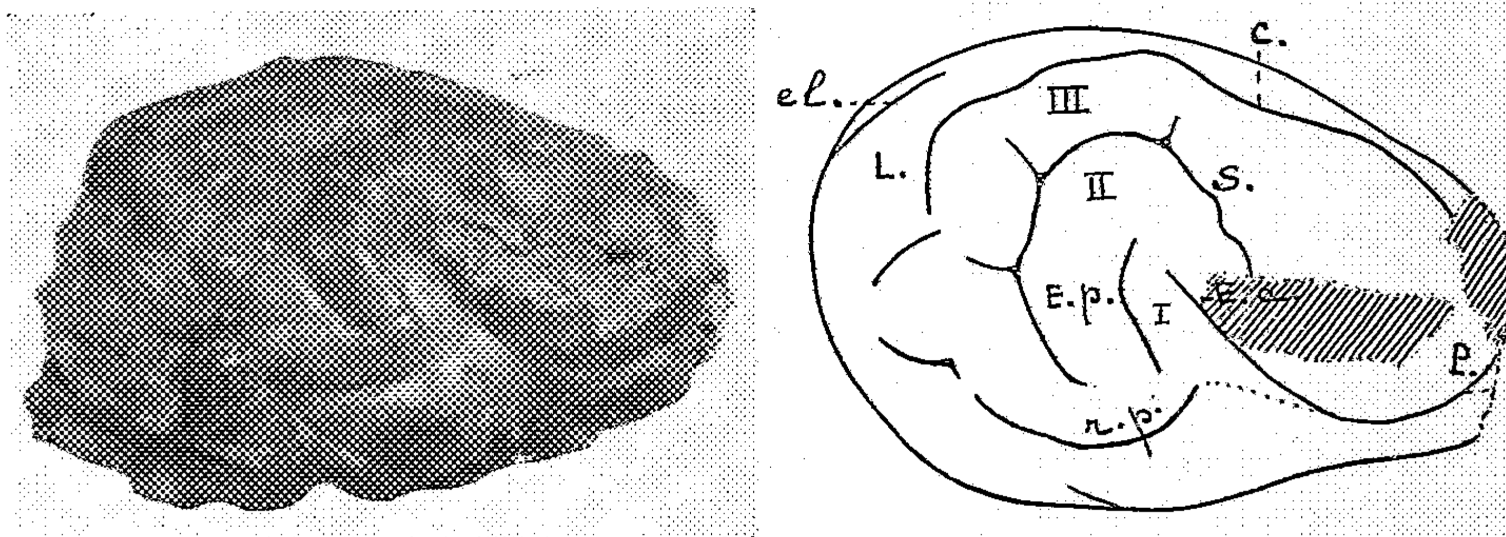
Le pelage est à jarres fines et rares, de teinte corne comme les vibrisses du museau; duvet peu dense, d'une couleur uniforme marron cendré, plus intense sur la face supérieure, tandis que *Potamogale* offre un aspect tout différent du fait de ses poils entièrement blanc crême à la face inférieure et à base blanche sur la face supérieure.

Par son oreille moyenne, le *Micropotamogale* est le plus évolué des *Tenrecidæ*. Par son appareil caudal, ses dents zalambtodontes, son rhina-

rium, il représente au contraire un type intermédiaire entre les *Oryzorictinæ* malgaches et le *Potamogale* d'Afrique centrale. Son existence dans le bloc forestier occidental de l'Afrique tropicale, où ne vit pas le *Potamogale*, étend d'une manière inattendue l'aire d'extension connue des représentants de la famille des *Tenrecidæ*. On pourrait ajouter que *Micropotamogale* est à *Potamogale* ce qu'est l'Hippopotame nain (*Chœropis*) à *Hippopotamus*.

ANATOMIE COMPARÉE. — *A propos du* pallium *cérébral des Carnivores arctoïdes et du* Potamotherium *fossile, en particulier*. Note de Mlle MADELEINE FRIANT, présentée par M. Émile Roubaud.

La face externe du télencéphale des Carnivores cynoïdes (*Canidæ*), ainsi qu'un médecin français, F. Leuret, le montra le premier, en 1839, est essentiellement caractérisée par la présence de trois sillons en fers à cheval (*Ectosylvia*, *Suprasylvia*, *Corono-Latéral*) emboîtés les uns dans les autres, qui limitent au-dessus de la scissure rhinale, trois circonvolutions, les *Gyri arcuati* I, II et III.



Potamotherium Valetoni E. Geoffr., de l'Oligocène supérieur de Saint-Gérand-le-Puy (Allier). Moulage endocrânien naturel des Collections paléontologiques du Muséum de Paris (Collection Filhol, 1903-30). A gauche : photographie, à droite : schéma (les parties fracturées sont en hachures). C : coronal; E. *a* : *ectosylvia* antérieure; *el* : entolatéral; E. *p* : *ectosylvia* postérieure; *l* : latéral; P : *præsylvia*; *r.p* : scissure rhinale postérieure; S : *suprasylvia*; I, II, III : *Gyri arcuati* I, II, III. Longueur réelle : 60 mm.

Le *pallium* cérébral des Cynoïdes est, en entier, superficiel. Par contre, chez certains carnivores, les Arctoïdes (*Mustelidæ*, *Ursidæ*, *Procyonidæ*), une partie de ce *pallium*, le *Gyrus arcuatus* I, s'enfonce en profondeur pour constituer l'*Insula* (comparable, jusqu'à un certain point, à l'*Insula* des Primates et de l'Homme lui-même).

Le *Potamotherium Valetoni* E. Geoffr., de l'Oligocène supérieur d'Europe (Saint-Gérand-le-Puy et Gannat (Allier), Weisenau, Eckingen, ...), Carni-

vore adapté à la vie dans les eaux, s'affirme, par sa dentition, un Lutriné primitif.

L'étude des deux moulages endocrâniens naturels des Collections du Muséum de Paris m'a permis de montrer, ici même, en 1942 (¹), que le *Potamotherium* possède un *pallium* entièrement superficiel qui, par l'absence de *Pseudosylvia*, se rapproche quelque peu du *pallium* de l'*Herpestes*, parmi les *Viverridæ*. Il s'éloigne, au contraire, de celui de la Loutre (*Lutra*) et des autres Arctoïdes actuels, dont la principale caractéristique, nous venons de le dire, est de présenter une operculisation du *Gyrus arcuatus* I.

Le *Potamotherium* montre, en somme, que nos Arctoïdes proviennent de formes plus primitives, à *pallium* non operculisé.

D'autre part, il est de règle très générale que le cerveau des Mammifères possédant une *Insula* (Carnivores arctoïdes, Primates, Ongulés...) est, lui aussi, en entier superficiel, au début du développement. Tel est le cas du cerveau du jeune Ours, parmi les Arctoïdes : c'est vers l'âge de vingt jours seulement que le *Gyrus arcuatus* I commence à s'enfoncer en profondeur pour constituer l'*Insula* (R. Anthony et J. Botez, 1926). Chez les Pinnipèdes, véritables Arctoïdes adaptés à la vie dans les eaux, l'operculisation s'indique plus tôt que chez l'Ours, mais, cependant, après l'apparition de tous les sillons fondamentaux en surface, vers la fin de la vie prénatale (R. Anthony et M. Friant, 1936).

Le *Potamotherium* oligocène, Lutriné archaïque à tous points de vue, met donc en évidence que le développement ontogénique du cerveau des Carnivores arctoïdes reproduit, en quelque mesure, son développement phylogénique.

BIOLOGIE. — *Sensibilité comparée des récepteurs superficiels et profonds dans le réflexe photo-sexuel chez le Canard*. Note (*) de MM. **Jacques Benoit** et **Ivan Assenmacher**, transmise par M. Robert Courrier.

Alors que, dans les conditions normales, il apparaît que la rétine est, au point de vue du réflexe photo-sexuel, le récepteur le plus sensible à de faibles variations de lumière, le récepteur profond, comprenant certaines régions de l'encéphale, est cependant plus sensible qu'elle, à égalité d'énergie lumineuse directement reçue.

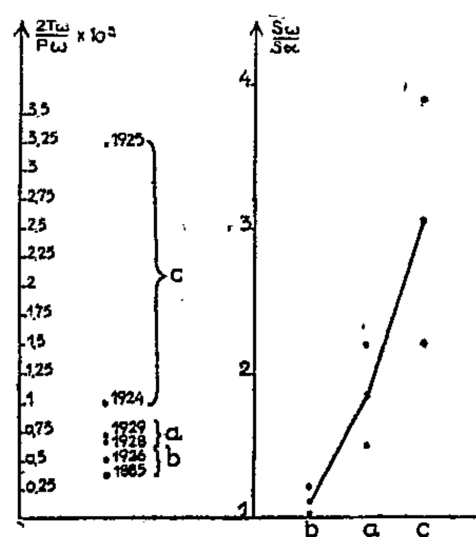
En comparant les réponses testiculaires d'animaux normaux et d'animaux à nerf optique sectionné, éclairés sous des intensités lumineuses variables, nous avons observé que l'action gonadostimulante de la lumière : 1° est toujours nettement plus forte en présence des deux groupes de photorécepteurs, superficiel (rétinien) et profonds (encéphaliques), que lorsque

(¹) *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 504.

(*) Séance du 9 juin 1954.

le récepteur superficiel se trouve physiologiquement exclu, et 2° que, au-dessous d'un certain seuil, elle n'est due qu'à l'excitation du récepteur superficiel [1]. En analysant ces résultats à la lumière de nos déterminations d'absorption des radiations lumineuses par les tissus de la région orbitaire [2], nous en étions venus à l'hypothèse qu'à énergie égale arrivant directement au niveau de chacun des groupes de photorécepteurs, c'est celui des récepteurs profonds qui pourrait s'avérer le plus sensible.

Pour tenter de vérifier cette hypothèse, nous avons entrepris l'expérience suivante : six Canards mâles impubères furent répartis en trois groupes. Deux sujets subirent une section du nerf optique droit. Chez deux autres sujets l'orbite droit fut entièrement évidé dans un premier temps; puis après quelques jours le fond de l'orbite fut trépané en regard d'une région de l'encéphale que nous savons être très sensible à la lumière. La dure-mère fut incisée et réclinée du champ de trépanation (un cercle de 4 mm de diamètre). Puis une rondelle de verre fut enchâssée dans l'orifice de trépanation et resta à demeure pendant la suite de l'expérience. Le troisième groupe d'animaux ne subit aucune intervention opératoire.



Les trois lots de sujets furent soumis, à cinq jours d'intervalle, à cinq séances de 15 h d'un éclairage intermittent (210 s de lumière suivies de 90 s d'obscurité), réglé par une minuterie. Afin qu'ils reçoivent la même intensité lumineuse au cours de leurs séances d'éclairement, les trois groupes d'animaux furent attachés sur des bancs de contention placés à une distance fixe de la même source lumineuse (ampoule de 240 lu). Cette distance fut choisie d'après les données de notre précédente expérience [1] et fixée à 200 cm, mesurée du centre de la source lumineuse à l'œil pour les animaux intacts, et de la lampe à l'encéphale pour les animaux à nerf optique sectionné et pour ceux dont l'encéphale était directement éclairé. Dans ces conditions, l'éclairement était de 4,8 lx.

---

(1) J. Benoit, I. Assenmacher et F. X. Walter, *C. R. Soc. Biol.*, 147, 1953, p. 186.

(2) J. Benoit, I. Assenmacher et S. Manuel, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1695.

L'irradiation était, pour tous les animaux, localisée à la région orbito-faciale droite par une cagoule en drap noir opaque, percée d'un seul orifice. Cinq jours après la dernière séance d'éclairement, les animaux furent sacrifiés. La réponse du mécanisme gonadostimulant à la lumière fut appréciée par deux rapports : celui du poids des deux testicules (2 T) au poids total du sujet à la fin de l'expérience (P ω), et celui des surfaces des silhouettes du testicule gauche dessinées et planimétrées à l'autopsie (S ω) et au cours d'une laparatomie exploratrice précédant le début de l'expérience (S α). Voici les résultats :

Sujet	1928.	1929.	1885.	1926.	1924.	1925.
Traitement	*a.* normaux.		*b.* sectionné nerf optique D.		*c.* œil énucléé fenêtre sur encéphale.	
$\frac{2T\omega}{P\omega}10^3$	0,69	0,71	0,39	0,52	1,02	3,25
$\frac{S\omega}{S\alpha}$	2,2	1,5	1,02	1,21	2,18	3,9

Il résulte de l'examen de ces chiffres que :

1° la réponse des sujets normaux est supérieure à celle des sujets à nerf optique sectionné;

2° la réponse des sujets éclairés directement au niveau d'une région définie du seul récepteur profond est plus forte que celle de sujets ayant reçu la même énergie lumineuse au niveau de leur récepteur superficiel, cette même énergie n'étant pas suffisante pour stimuler le récepteur profond après le passage de tous les tissus interposés entre les deux groupes de récepteurs (sujets à nerf optique sectionné). Nous négligeons dans ces considérations l'absorption relativement très faible de la lumière par les tissus situés devant la rétine (milieux dioptriques de l'œil). Remarquons que dans ces essais de stimulation directe du récepteur profond, nous ne pouvons atteindre l'encéphale qu'à travers les leptoméninges et, qui plus est, au bout de quelques séances, à travers un champ libre ayant tendance à se rétrécir du fait du début de la cicatrisation de la fenêtre taillée dans la dure-mère. En outre, alors que nous éclairons la totalité de l'un des deux récepteurs superficiels dans l'une des expériences (*a*), nous ne pouvons, dans l'autre (*c*), éclairer directement qu'une zone limitée du récepteur profond que nous savons depuis d'anciennes expériences être sensible à la lumière, mais qui est entourée d'autres régions encéphaliques sensibles et peut-être plus sensibles encore que celle que nous atteignons dans la présente expérience. Ces deux conditions expérimentales ne pouvant que diminuer l'ampleur de la réponse obtenue, nous pouvons dire que nos résultats démontrent, *a fortiori*, la plus grande sensibilité des récepteurs profonds, lorsque la lumière leur est conduite directement.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Étude expérimentale de la différenciation du sexe chez les Crustacés Isopodes terrestres par implantation homoplastique et hétéroplastique d'ovaires chez les mâles.* Note de M. **Jean-Jacques Legrand**, présentée par M. Louis Fage.

L'implantation d'ovaires chez les ♂ n'a pas d'effet léthal. Les implantats présentent une dégénérescence des ovocytes mais non des cellules folliculaires. Les gonies ne subissent aucune orientation dans le sens mâle.

J'ai exposé dans une première Note (1) l'effet d'induction des caractères sexuels secondaires mâles que présentent les testicules implantés dans la cavité périviscérale des Oniscoïdes femelles. Parallèlement à ces expériences, des implantations homoplastiques et hétéroplastiques d'ovaires, prélevés à divers stades de maturation des ovocytes chez des ♀ non gestantes, ont été réalisées chez des ♂ adultes appartenant aux espèces ; *Oniscus asellus* L., *Porcellio dilatatus* Brandt, *Armadillidium nasatum* B. L. et *Armadillidium vulgare* Latreille. La présente Note expose les résultats de ces implantations au bout d'un laps de temps variant d'un à trois mois.

1. *Implantation homoplastique.* — *Porcellio dilatatus* ♂ NGO 3, a reçu le 18 mars dans sa cavité périviscérale un implantat d'ovaire prélevé chez une ♀ adulte au début du grand accroissement des ovocytes. Il a mué le 29 mars et le 26 avril sans présenter de variation des caractères sexuels secondaires. Il a été sacrifié le 21 juin. L'implantat ovarien s'est révélé sous l'aspect d'un sac étroit, fermé et plissé, sans trace d'oviducte, renflé à une extrémité en une boule jaunâtre. Examiné en coupes sériées après fixation au Bouin et coloration à l'hématoxyline-éosine, il présentait une dégénérescence totale des ovocytes. Ceux-ci étaient réduits à quelques masses vitellines contenant de grosses granulations fortement colorables à l'hématoxyline correspondant à une pycnose des noyaux. Seuls subsistaient à la périphérie quelques groupes de cellules folliculaires.

Oniscus asellus ♂ NGO 1, a reçu le 18 mars un fragment d'ovaire contenant des ovocytes en voie de grand accroissement. Il a été sacrifié le 12 juin, sans qu'il ait mué depuis près de trois mois. L'implantat ovarien a été retrouvé sous forme d'un sac fermé, vide de tout ovocyte, mais conservant quelques plages de cellules folliculaires.

Un implantat plus récent (40 jours) a été observé chez *P. dilatatus* ♂ IGO 2 : outre de nombreuses cellules folliculaires subsistent quelques jeunes ovocytes qui n'avaient pas évolué depuis l'implantation.

2. *Implantation hétéroplastique.* — L'*Armadillidium vulgare* ♂ NGO 3 a reçu

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2030.

le 2 avril un ovaire d'*Armadillidium nasatum*, prélevé chez une jeune ♀ avant la phase de grand accroissement des ovocytes. Il a été sacrifié le 4 mai : l'implantat ovarien présentait une disparition totale des ovocytes, réduits à quelques kystes. Par contre les cellules folliculaires restaient nombreuses, indiscernables des gonies pouvant subsister dans l'épithélium germinatif.

Un résultat identique a été obtenu avec un mâle de grande taille appartenant à la même espèce (*Armadillidium vulgare* ♂ NGO 5) sacrifié 80 jours après l'implantation d'un ovaire entier prélevé chez une jeune ♀ d'*Armadillidium nasatum*.

3. *Résultats et discussion* — Ainsi l'implantation d'ovaires chez des ♂, contrairement à ce qu'ont observé de Lattin et Gross (1953), n'a pas d'effet léthal. Elle ne provoque aucune modification des caractères sexuels secondaires du porte greffe. L'implantat présente une régression et une disparition des ovocytes encore plus rapide dans le cas d'une greffe hétéroplastique, tandis que les cellules folliculaires subsistent, sans constituer de follicules organisés. Les ovogonies qui survivent ne sont pas orientées dans le sens mâle.

La régression des ovocytes est conforme au résultat de l'implantation de testicules chez les ♀, qui provoque également une inhibition progressive de l'ovogenèse. Si ce résultat correspond bien à ce qu'a observé M[me] Charniaux-Cotton (1954) chez l'Amphipode *Orchestia gammarella*, par contre la transformation de l'ovaire implanté en testicule avec évolution des gonies en spermatozoïdes décrite chez *Orchestia* semble opposer nettement Amphipodes et Isopodes.

Il semble possible d'expliquer cette opposition par la différence existant entre la gonade des Isopodes et celle des Amphipodes. Chez ces derniers la gonade est simple, tubulaire dans les deux sexes, et l'observation de R. David (1936) a montré que chez les intersexués de *Talitrus saltator* le même épithélium germinatif peut différencier des spermatocytes et des ovocytes. Chez les Isopodes, par contre, la gonade est plus différenciée : si à la naissance l'ébauche est identique dans les deux sexes, comportant une série de tractus métamérisés équivalents à des gonoductes, peu après l'éclosion, dans le cas d'un ♂ les gonies émigrent dans les trois tractus proximaux qui se transforment en utricules testiculaires, tandis que chez une ♀ les gonies restent localisées dans la partie élargie (cortex) de la gonade, les tractus proximaux restant vides et évoluant en filaments suspenseurs. Il est remarquable qu'à l'inverse de ce qui se passe chez les Amphipodes, les Isopodes intersexués et hermaphrodites fonctionnels ne présentent jamais une juxtaposition des produits sexuels mâles et femelles sur le même épithélium germinatif.

Ainsi tout se passe, chez les Crustacés Isopodes, comme si la localisation des gonies dans l'une ou l'autre région de la gonade — tractus proximaux ou cortex — orientait irrévocablement leur évolution vers l'un ou l'autre sexe,

à l'image de ce que l'on observe chez les Vertébrés au niveau de la médulla et du cortex (Witshi, 1931; D'Ancona, 1945).

Ce schéma de la différenciation du sexe chez les Crustacés Isopodes terrestres que nous avons suggéré il y a quatre ans (Legrand et Vandel 1950) à la suite d'une étude du développement d'une gonade normale et des gonades intersexuées, trouve un nouvel appui dans les résultats précédents concernant l'absence d'inversion sexuelle des gonies dans les ovaires implantés chez les ♂. L'analogie avec les Vertébrés en ce qui concerne une base humorale probable du mécanisme de différenciation du sexe, est encore soulignée par l'induction des caractères sexuels mâles qu'exercent les testicules implantés chez les Oniscoïdes femelles.

MORPHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Morphologie et structure macromoléculaire.* Note de M. **Jacques Rémy**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Une substance formée essentiellement de deux macromolécules conduit à des filaments d'une morphologie très particulière.

Désirant étudier expérimentalement l'influence de la structure macromoléculaire sur la morphologie des membranes de précipitation, nous avons choisi un couple de phases particulier : zéine dans solvant organique et eau.

La zéine est soluble dans l'alcool absolu à 10 % de glycol. Au contact de l'eau, il apparaît à l'interface des deux phases une membrane de précipitation.

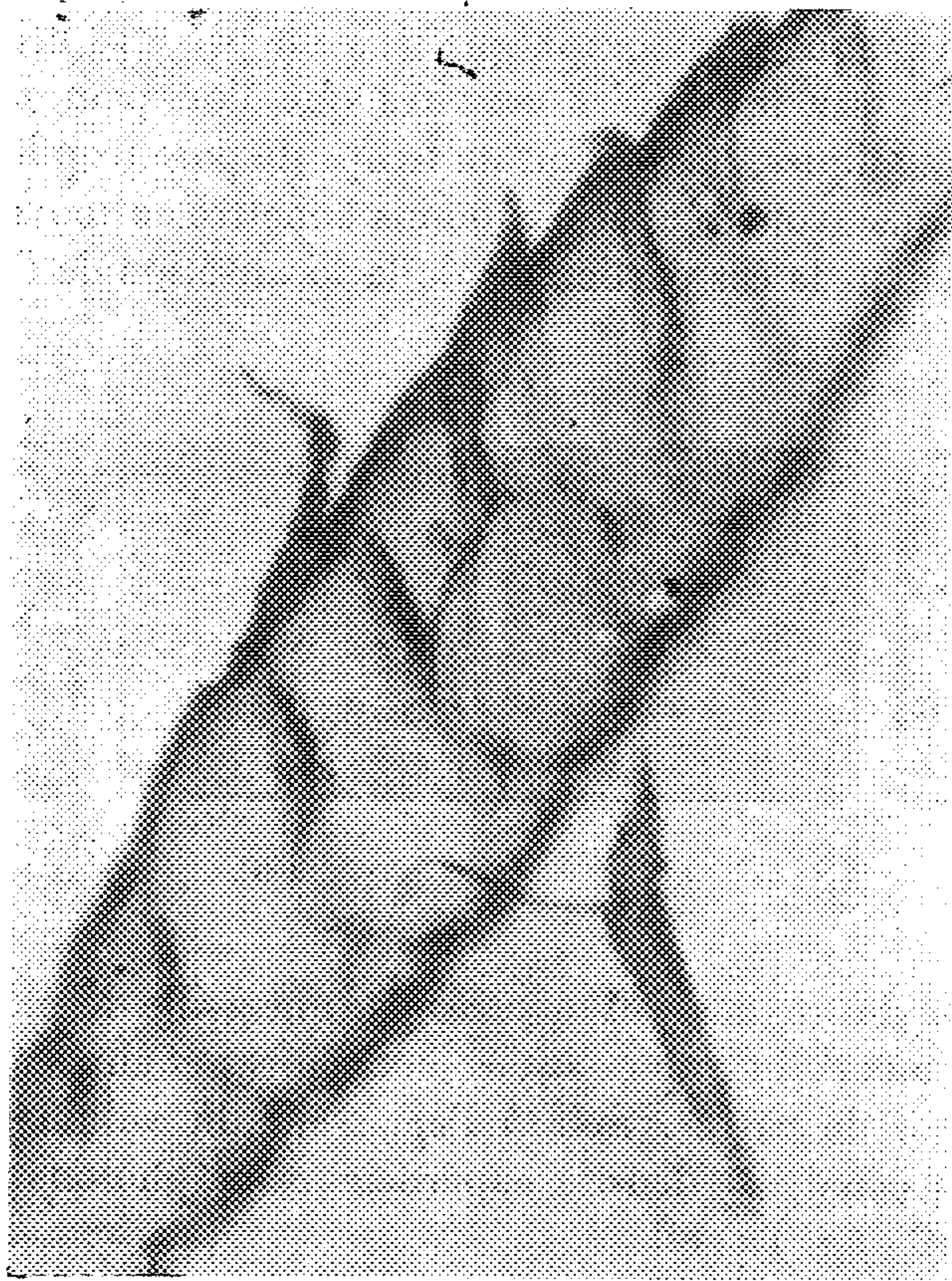
Pour la commodité de l'expérimentation, les deux phases sont mises en contact par injection de la solution de zéine au sein de la phase aqueuse au moyen d'une micropipette. On obtient ainsi de petits filaments dont on observe la morphologie.

Quelle que soit la concentration, la zéine pure nous a donné des filaments lisses. Nous avons voulu alors mettre en présence deux sortes de macromolécules. Le mélange simple conduisant à des phases non homogènes, nous avons été amené à élaborer de nouvelles molécules au sein même de la solution de zéine. Ce mode opératoire est imposé par des considérations de solubilité.

Nous nous sommes adressé à des anhydrides de N-carboxyamino-acides que l'on sait être capables de se polymériser en présence de traces d'eau, donnant naissance à des molécules de polypeptides.

Les premiers essais, effectués avec un ou deux dérivés d'aminoacides, ont provoqué l'apparition de précipités rendant le mélange hétérogène. Connaissant l'augmentation fréquente de la solubilité des mélanges complexes de composés individuellement peu solubles, nous avons généralisé la méthode de Leuchs, et avons réussi à synthétiser les anhydrides d'un mélange d'acides aminés obtenu soit par hydrolyse d'une protéine naturelle : la lactoglobuline, soit par mélange d'aminoacides synthétiques. Le mélange d'acides aminés était traité par le chloroformiate de méthyle puis par le chlorure de thionyle, l'excès de

celui-ci étant éliminé par le vide. On obtient finalement le mélange d'anhydrides sous forme d'une poudre brune. On dose le nombre de cycles formés par décarboxylation par mesure du gaz carbonique dégagé.



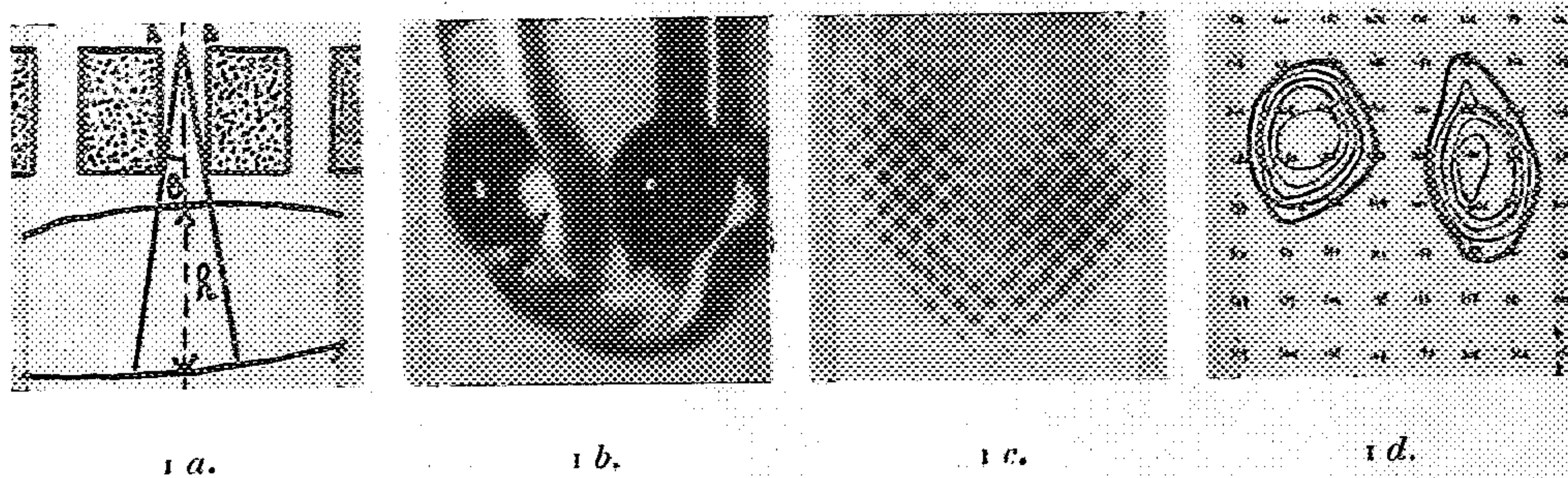
Ajouté à 5 ou 10 % à la zéine, ce mélange d'anhydrides se dissout parfaitement. Les traces d'eau toujours présentes suffisent à déclencher la polymérisation qui se traduit par une élévation régulière de la viscosité, élévation qui s'étend sur plusieurs jours. Chaque jour on injecte quelques millimètres cubes de mélange dans un peu d'eau et l'on observe les filaments obtenus.

Les premiers jours les filaments sont lisses, ensuite, ils présentent une morphologie très spéciale comme le montre la figure 1. La viscosité augmentant toujours, cette morphologie disparaît et, finalement, le mélange est trop gélifié pour être injecté.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur la possibilité d'obtenir l'autoradiographie d'un organe* in vivo. Note de MM. Claude Kellershohn et Pierre Pellerin, présentée par M. Christian Champy.

L'une des principales applications des isotopes radioactifs artificiels, émetteurs de rayons γ, en physiologie humaine et animale, est la possibilité d'étudier

par voie externe la localisation et la répartition spatiale dans l'organisme de substances marquées par de tels isotopes. Cette étude est en général effectuée au moyen de compteurs Geiger ou de compteurs à scintillation, rendus directionnels au moyen d'une collimation en plomb convenable. Il est en général considéré que la plaque photographique ne peut pas être utilisée dans ce cas comme détecteur, car les faibles activités que l'on peut administrer sans désordres physiologiques, nécessitent un temps de pose trop long pour l'application *in vivo*. Nous avons réussi néanmoins à mettre en œuvre une technique photographique dans le cas particulier de la localisation de l'iode 131 dans la thyroïde.



1 *a*. 1 *b*. 1 *c*. 1 *d*.

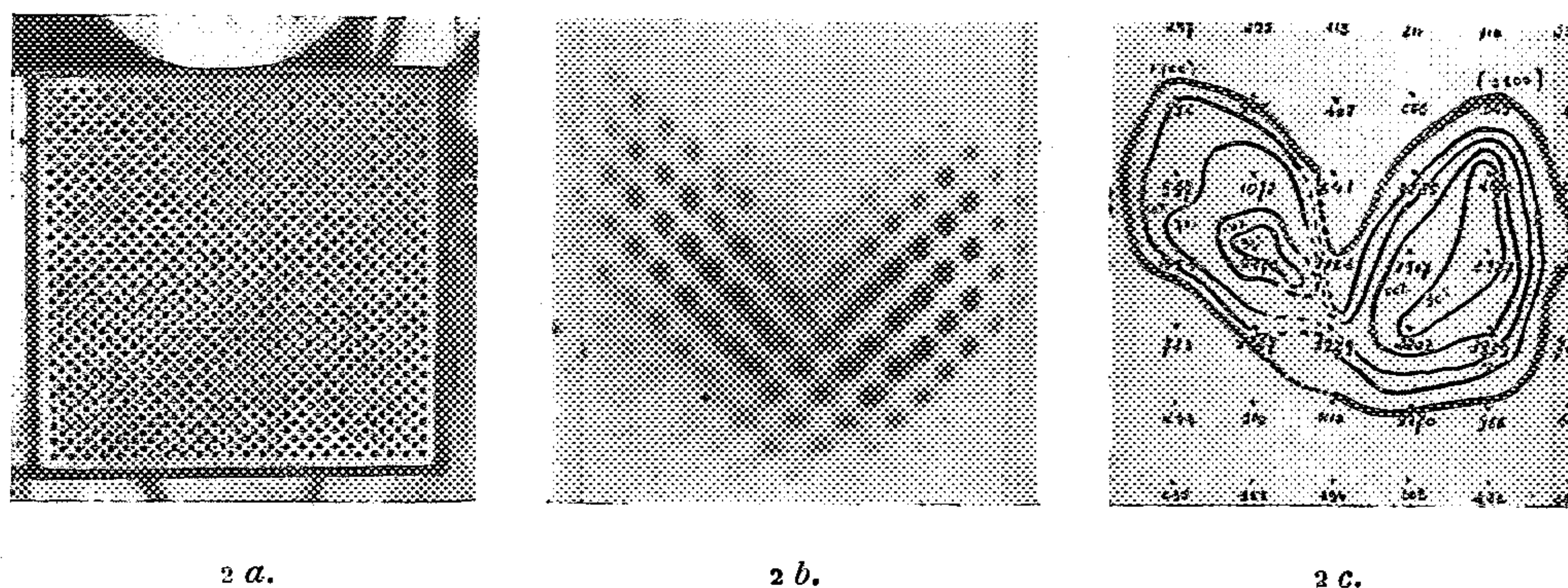
La collimation des rayons γ est assurée par une grille de plomb, formant un ensemble de canaux cylindriques situés aux centres et aux sommets de chaque carré d'un réseau de carrés. Soit h l'épaisseur du volume radioactif situé au-dessous d'un canal, la densité superficielle en photons dans le plan de section droite AB (*fig.* 1 *a*) est

$$E = \frac{A}{2}(1 - \cos\theta)\, h$$

(en supposant que chaque désintégration donne un photon, que A est l'activité par unité de volume et que θ est le demi-angle défini par chaque canal). On a donc intérêt, pour une valeur déterminée de A et R à ce que θ soit le plus grand possible. Par contre, θ ne doit pas être trop grand pour qu'avec un nombre suffisamment élevé de canaux les éléments de volume « vus » par chaque canal empiètent le moins possible les uns sur les autres de façon à assurer un pouvoir de résolution convenable de la grille. L'angle θ est également limité par le fait que la grille doit être assez épaisse pour réaliser une absorption suffisante dans ses parties pleines. En admettant, pour simplifier, que l'iode 131 émet par désintégration un photon d'énergie moyenne 404 kV, nous avons été amenés à réaliser une grille dont les caractéristiques sont les suivantes : épaisseur, 1,5 cm; diamètre des canaux, 2 mm ; dimensions de chaque carré du réseau, 6 mm (*fig.* 2 *a*). Dans ces conditions, en employant un film radiologique très rapide

(Kodak Régulix) et un écran renforçateur approprié (Siemens « Sinégran ultra »), on obtient avec $A = 12\ \mu C$ et $h = 2$ cm, un noircissement appréciable du film en une dizaine d'heures.

Nous avons alors, pour diminuer le temps de pose, appliqué au film radiologique la sensibilisation à la vapeur de mercure. La sensibilisation est faite en boîte étanche pendant 12 h à 20° C et 50 % d'humidité. Dans la région de sous-exposition de la courbe de noircissement, où nous opérons, la densité relative est alors multipliée par un facteur de 5 à 6 pour un même temps de pose. On obtient alors des autoradiographies utilisables avec des temps de pose acceptables *in vivo*.



2 *a*. 2 *b*. 2 *c*.

La figure 1 *b* représente une « thyroïde » de verre de 40 cm³ renfermant 500 μC d'iode 131. La figure 1 *c* représente l'autoradiographie de cette « thyroïde », plongée dans de l'eau représentant les tissus, obtenue avec la technique précédente en 3 h de pose. La figure 1 *d* représente une cartographie de cette thyroïde obtenue avec un compteur Geiger directionnel. La comparaison de ces trois figures montre que le pouvoir de résolution de la grille est sensiblement supérieur à celui du compteur Geiger directionnel employé. La figure 2 *b* représente l'autoradiographie d'une thyroïde chez un homme effectuée 24 h après l'ingestion de 800 μC d'iode 131, avec un temps de pose de 3 h. La fixation de l'iode par la thyroïde 24 h après l'ingestion était de 54 %. La figure 2 *c* montre la cartographie de cette thyroïde au compteur Geiger directionnel.

Nous pensons pouvoir dans un proche avenir diminuer encore sensiblement le temps de pose en agissant sur les facteurs développement et écran renforçateur. Les résultats déjà obtenus nous permettent d'espérer que la méthode peut avoir des applications intéressantes en Physiologie et en Médecine.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Mise en évidence, par des mesures de constante diélectrique, d'une discontinuité dans les propriétés des solutions très diluées de désoxyribonucléate de sodium.* Note (*) de Mlle **Monique Dhaussy**, transmise par M. Albert Policard.

Des mesures de constante diélectrique effectuées sur des solutions aqueuses de désoxyribonucléate de sodium apportent des résultats identiques à ceux établis par des mesures d'absorption dans l'ultraviolet; les solutions montrent une discontinuité d'ordre physique pour une valeur de la concentration égale à 0,003 g pour 100 cm³ : on peut attribuer cette zone de discontinuité à une agrégation moléculaire.

Les solutions aqueuses de désoxyribonucléate de sodium possèdent un caractère hautement structural provenant des multiples interactions des macromolécules. Dans le but d'élucider la nature de ces interactions moléculaires, Pouyet, Scheibling et Schwander ont fait une étude sur les variations de l'absorption dans l'ultraviolet de solutions de désoxyribonucléate de sodium en fonction de la concentration; ils ont montré qu'il existe une discontinuité dans l'absorption pour une valeur de 0,003 g pour 100 cm³ mais n'en ont pas donné d'interprétation (1).

Nous avons préparé du désoxyribonucléate de sodium pur et hautement polymérisé à partir de thymus de veau (2); nous en avons fait des solutions aqueuses dans une gamme de concentrations allant de 0,0001 à 0,01 g pour 100 cm³.

1° Nous avons repris l'étude de l'absorption dans l'ultraviolet à 260 mμ avec un spectrophotomètre Unicam et nous avons effectivement retrouvé la discontinuité d'absorption dans une zone de concentrations voisines de 0,003 g pour 100 cm³ (*fig* 1). Nous pensons avec Pouyet que cette discontinuité correspond à un changement d'état physique à l'intérieur des solutions.

2° En vue d'étudier la nature de ce changement d'état, nous avons effectué une deuxième série d'expériences qui ont porté sur les variations de la constante diélectrique en fonction de la concentration des solutions. Cette étude a été menée à la température de 20°C avec un pont de mesure de type Wheatstone alimenté en courant de basse fréquence. Or, la courbe représentative des résultats montre justement une discontinuité pour une concentration proche de 0,003 g pour 100 cm³ (*fig.* 2).

Discussion. — Deux études aussi différentes que l'absorption en ultraviolet et la mesure de la constante diélectrique aboutissent donc au même résultat : il

(*) Séance du 28 juin 1954.

(1) J. Pouyet, G. Scheibling et H. Schwander, *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 716.

(2) J. M. Gulland, D. O. Jordan et C. J. Threlfall, *J. Chem. Soc.*, 1947, p. 1129.

existe une discontinuité d'ordre physique à l'intérieur des solutions de désoxyribonucléate de sodium pour une concentration voisine de 0,003 g pour 100 cm³.

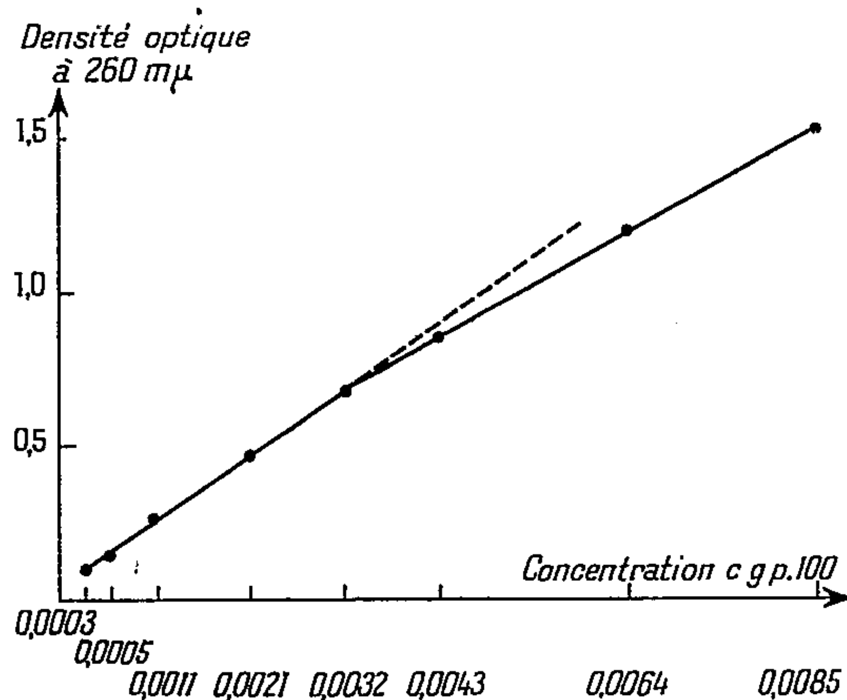


Fig. 1.

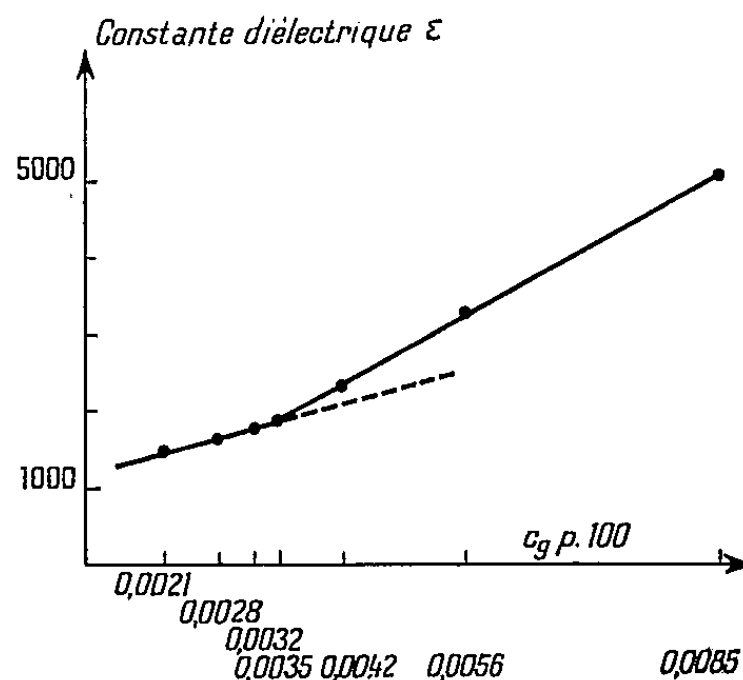


Fig. 2.

Fig. 1. — Variation de la densité optique à 260 mμ de solutions de désoxyribonucléate de sodium dans l'eau distillée, en fonction de la concentration.

Fig. 2. — Variation de la constante diélectrique de solutions de désoxyribonucléate de sodium dans l'eau distillée, en fonction de la concentration.

Nous supposons qu'à partir de cette zone de concentration la discontinuité correspond à un début d'agrégation moléculaire. A l'intérieur d'une solution les gros ions désoxyribonucléiques éloignés les uns des autres se repoussent par forces électrostatiques; lorsque leurs distances mutuelles tombent dans le domaine d'action des forces de Van der Waals, celles-ci permettent l'immobilisation des molécules pendant un temps suffisamment long pour que se réalisent des ponts hydrogène aboutissant à la formation de micelles plus grosses. En supposant que les mouvements de rotation des molécules prédominent sur les mouvements de translation, on peut considérer, en première approximation, que la molécule d'acide désoxyribonucléique a pour enveloppe une certaine sphère de rotation ;le phénomène d'agrégation ne se produirait que lorsque ces sphères sont assez nombreuses pour être tangentes. De cette hypothèse nous avons déduit par le calcul la valeur de la longueur des molécules de désoxyribonucléate de sodium et nous avons trouvé que, pour une masse moléculaire de 2.10^6 la longueur de la molécule serait de 5 600 Å.

Nous admettons donc que les molécules de désoxyribonucléate de sodium en solution possèdent la propriété de former des agrégats à partir d'une concentration de 0,003 g pour 100 cm³. Ce processus d'agrégation quelconque, éventuellement transversale et aisément reversible, ne nécessite pas de liaisons chimiques stables. Il n'est pas impossible que de tels mécanismes d'agrégation labile entre désoxyribonucléotides jouent un rôle dans le cycle métabolique des nucléoprotéines.

RADIOBIOLOGIE. — *Action préservatrice de la glucosamine vis-à-vis de l'action létale d'une irradiation totale par rayons X chez la Souris.* Note de MM. **Jean-François Duplan** et **Albert-Jean Rosenberg**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

La glucosamine injectée à la dose de 300 mg/kg à des souris immédiatement avant leur irradiation diminue la mortalité provoquée par les rayons X. Les métabolites de la glucosamine injectés à la même dose dans les mêmes conditions ne montrent aucune activité.

En 1947, Fr. Baclesse et J. Loiseleur (1) ont montré que l'hyperglycémie provoquée était susceptible de retarder l'épilation par rayons X chez le Lapin et, ultérieurement, d'accélérer la repousse du duvet (2). Ces auteurs expliquaient l'effet protecteur de l'hyperglycémie par le rôle d'accepteur d'oxygène radioformé que pouvait jouer le glucose ou ses métabolites. On sait depuis les travaux de Patt (3) sur la cystéine et ceux de Bacq (4) sur la cystéinamine que l'introduction d'un groupement aminé dans une molécule possédant déjà une activité radiopréservatrice peut renforcer cet effet protecteur. Nous avons dans cet ordre d'idée étudié l'action de la glucosamine, molécule d'autant plus intéressante qu'elle possède une très grande réactivité biochimique (5).

Nous avons utilisé des souris mâles et femelles, âgées de 60 à 80 jours, pesant 20 à 25 g, appartenant à la lignée pure XVII particulièrement radiosensible. Ces animaux sont irradiés en totalité par groupes de six dans des boites en matière plastique, dans les conditions suivantes : 180 kV, 10 mA, 0,3 mm de Cu, 45 cm, 66 $\pm$ 1 r/mn. Avant leur irradiation ces animaux avaient reçu une injection intrapéritonéale de chlorhydrate de glucosamine ou de l'un des composés que nous avons étudiés comparativement comme étant susceptibles d'apparaître dans un organisme à la suite d'une injection de glucosamine : glucose, fructose, hexose diphosphate et acide glutamique. Ces divers produits étaient mis en solution dans du sérum physiologique et neutralisés par de la soude à N/100, immédiatement avant leur emploi.

Les résultats que nous avons résumés dans le tableau montrent que la glucosamine est douée de propriétés préservatrices importantes vis-à-vis des effets létaux d'une irradiation. Ni le glucose, ni le fructose, ni l'hexose diphosphate,

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 743.

(2) J. Loiseleur et Fr. Baclesse, *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 1160.

(3) H. M. Patt, E. B. Tyree, R. L. Straube et D. E. Smith, *Science*, 110, 1949, p. 213.

(4) Z. M. Bacq, A. Herve, J. Lecomte, P. Fisher, J. Blavier, G. Dechamp, H. Le Bihan et P. Rayet, *Arch. Int. Physiol.*, 59, 1951, p. 442.

(5) A.-J. Rosenberg, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1751.

ni l'acide glutamique ne se sont montrés protecteurs quand on les injectait à la dose de 300 mg/kg par 5 mn avant une irradiation de 700 r.

	Dose (mg/Kg).	Temps entre injection et irradiation (mn).	Nombre de souris.	Dose (roentgen).	Nombre de survivants au 30e jour.	Date des décès.
Témoins.......	–	–	6	580	0	du 9e au 22e
Glucosamine...	250	5	6	580	6	–
Témoins.......	–	–	10	700	0	du 6e au 10e
Glucosamine...	300	5	16	700	8	du 11e au 23e
Glucosamine...	425	20	6	700	0	du 9e au 14e

Il semble donc que la glucosamine n'agit pas par l'intermédiaire de ses métabolites mais qu'elle est active par elle-même. Le fait que son injection reste sans effet si elle est pratiquée 20 mn avant l'irradiation vient encore renforcer cette hypothèse.

Sans éliminer le rôle de la glucosamine comme accepteur de radicaux libres radioformés, on peut penser qu'elle intervient plus électivement encore pour empêcher l'inactivation de certains enzymes par ces radicaux. Au cours d'un travail dont les détails seront publiés ultérieurement, nous avons en effet pu constater qu'une catalase préparée suivant D. Keilin et E. F. Hartree ([6]) et recevant à l'état dilué une dose de 100 000 r est fortement protégée non seulement contre l'effet immédiat des rayons mais aussi contre le post-effet par la présence de glucosamine à la concentration de 0,5 % dans le milieu où a lieu l'irradiation.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude potentiométrique de la fixation des ions alcalins et alcalinoterreux sur la sérumalbumine.* Note (*) de M. **Adam Kepes**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

La fixation de cations sur une protéine tend à abaisser le pH de la solution. On montre par titrages potentiométriques de sérumalbumine de bœuf en présence de divers sels que la fixation des ions bivalents est plus forte que celle des ions monovalents et que l'un des principaux sièges de la fixation est un groupe de fonctions dont le pK apparent dans l'eau est 8,2.

La fixation réversible de petites molécules ionisées sur les protéines donne lieu à des équilibres complexes. Il est impossible en effet de mettre la protéine, en présence d'une seule espèce ionique pour en étudier la fixation. Un seul sel ajouté apporte un anion et un cation en plus des ions de l'eau H^+ et OH^-, et dans

([6]) *Bioch. J.*, 39, 1945, p. 148.

(*) Séance du 28 juin 1954.

ce cas le plus simple il faut pouvoir considérer la tendance propre à la fixation de l'anion et du cation, leur compétition avec les ions OH^- et H^+ respectivement ainsi que l'interaction électrostatique entre anions et cations fixés.

En milieu très acide ou très alcalin les phénomènes se simplifient, seuls les anions se fixent dans le premier cas, seuls les cations dans le second; mais le point isoélectrique ne représente pas une démarcation entre les deux zones. Dans tout l'intervalle des pH physiologiques l'ensemble des réactions peut avoir lieu.

Souvent les conditions expérimentales compliquent encore la situation par l'adjonction d'un tampon dont les ions interfèrent avec les ions étudiés ([1]).

Dans la présente Note je rapporte le résultat de titrages potentiométriques de la sérumalbumine de bœuf par la soude, en présence de chlorures alcalins et alcalinoterreux. Ces titrages s'étendent du côté alcalin du point isoélectrique, et l'anion étant commun aux divers sels étudiés, la différence entre ces courbes de titrage est due essentiellement à la fixation différente des cations en compétition avec l'ion H^+. Cette méthode est une extension à toute la gamme des pH comprise entre 4,8 et 9,8 de celle utilisée par G. Scatchard et E. S. Black sur l'albumine isoélectrique ([2]). Une méthode analogue a permis de déterminer les constantes d'association des divers ions métalliques avec les acides carboxyliques ([3]) et avec des polyphosphates ([4]). Dans le cas de la sérumalbumine qui possède un grand nombre de groupes ionogènes dissemblables, ces seules expériences ne permettent pas de calculer de semblables constantes, mais elles permettent des comparaisons valables entre la fixation d'ions différents et surtout elles permettent de distinguer entre la fixation de ces ions sur les groupes fonctionnels variés de la protéine.

Les titrages sont effectués à $20^\circ C \pm 0^\circ,1$ avec une électrode de verre en Corning 015 et une électrode au calomel au KCl saturé comme électrode de référence. La solution est à l'abri du CO_2 de l'air pendant la durée de l'expérience qui est environ de 1 h 30 mn.

La sérumalbumine de bœuf est la fraction V de Cohn préparée selon la méthode 6 de cet auteur ([5]) et dialysée 48 à 72 h avant l'expérience.

La courbe A de la figure représente le pH d'une solution à 0,4 % de sérumalbumine dans l'eau, sans addition de sel, en fonction de la quantité de soude ajoutée. La force ionique n'est pas constante le long de cette courbe : elle est nulle au début, et augmente uniformément jusqu'à une valeur de $2,4 \cdot 10^{-3}$, si l'on néglige la contribution de la protéine et des ions de l'eau.

([1]) I. M. Klotz et J. M. Urquhart, *J. Phys. Coll. Chem.*, 53, 1949, p. 100.

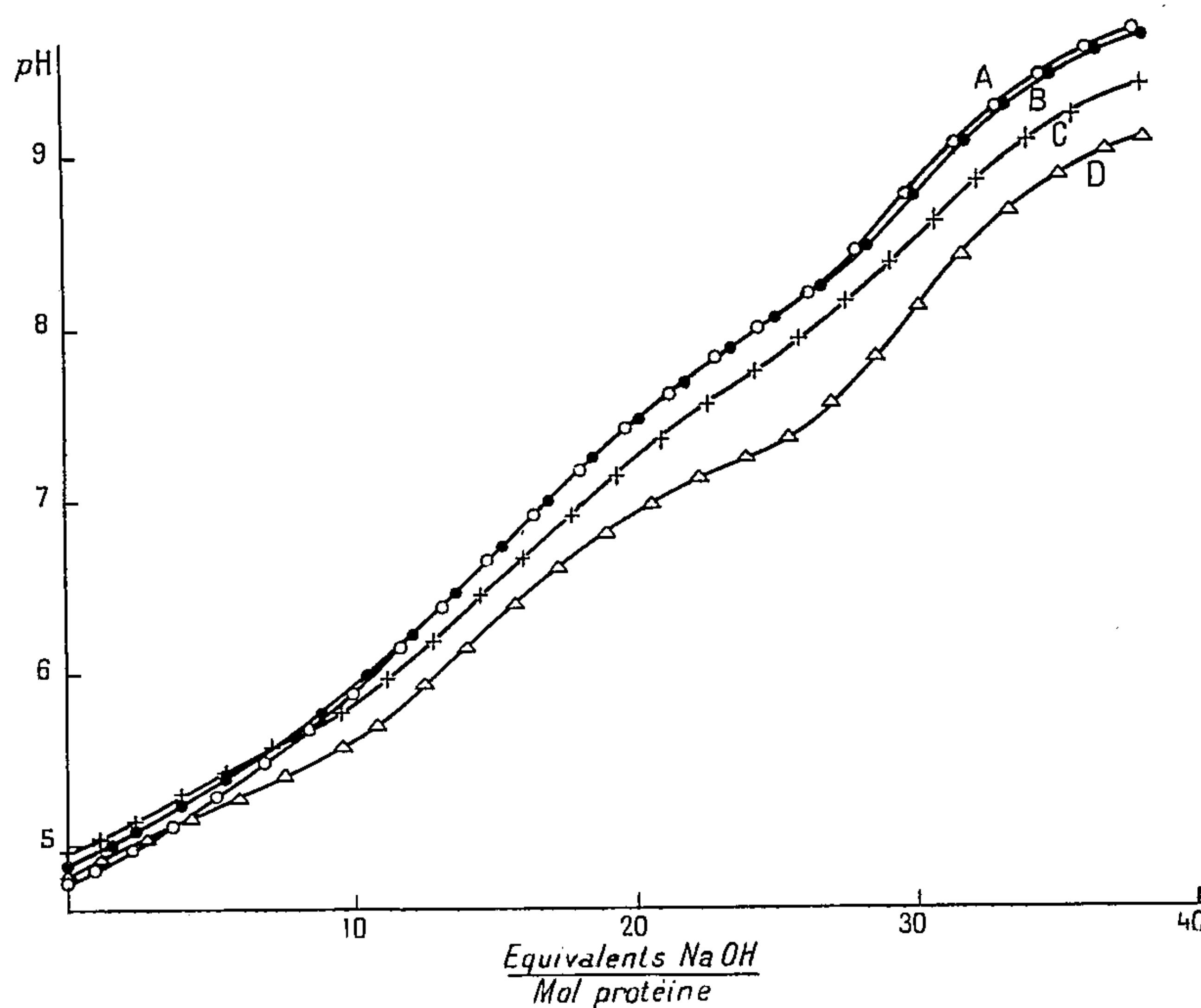
([2]) *J. Phys. Coll. Chem.*, 53, 1949, p. 88.

([3]) R. K. Cannan et A. Kibrick, *J. Amer. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 2314.

([4]) J. R. Van Wazer et D. A. Campanella, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 655.

([5]) E. J. Cohn, L. E. Strong, W. L. Jr Hughes, D. J. Mulford, J. N. Ashworth, M. Melin et H. L. Taylor, *J. Amer. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 459.

Comme une fuite minime de KCl du pont est difficile à éviter et aussi du fait que la protéine n'est pas complètement dépourvue d'ions adsorbés, les premiers points de cette courbe peuvent subir de légères variations. La courbe B minimise ces inconvénients, elle est faite après addition de KCl portant la force ionique initiale à $1,0.10^{-3}$.



Ces courbes montrent une ébauche de palier entre pH 8,1 et 8,3 dont le milieu correspond au déplacement d'environ 26 ions H^+ par molécule de sérumalbumine.

La courbe C est obtenue en présence de KCl 0,0294 N. La force ionique reste constante le long de la courbe. Au voisinage du point isoélectrique et jusqu'à déplacement d'environ 8 H^+ par molécule, cette courbe se trouve au-dessus des deux précédentes, ce qui indique que la fixation des ions Cl^- est plus importante dans cette zone que celle des ions K^+. Par contre au delà de pH 5,7 la courbe C est au-dessous de A; la fixation de K^+ l'emporte sur celle de Cl^-.

La courbe D est obtenue en présence de $CaCl_2$ 0,0098 M, la force ionique est donc la même que dans la courbe C. L'effet du Ca est cependant beaucoup plus important que celui de K à force ionique égale. Au point isoélectrique D est encore légèrement au-dessus de A, mais les deux courbes ne tardent pas à se croiser, la fixation de Ca^{++} devient de plus en plus forte jusqu'à un maximum dans la région du palier signalé ci-dessus, où l'abaissement du pH atteint 0,75 unités.

En présence de NaCl la courbe de titrage est très analogue à C; en présence de $BaCl_2$ et de $MgCl_2$ elle est semblable à D.

PHYSICO-CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Coefficient d'activité d'un protéide isoélectrique.* Note (*) de M. **Georges Sandor**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

Les études sont faites sur l'euglobuline I(1), γ-globuline peu soluble, contenue dans les immunsérums antibactériens du Cheval. En présence du chlorure de sodium on obtient, suivant les concentrations de la phase saturante, deux lois linéaires distinctes.

L'euglobuline I(1), γ-globuline peu soluble obtenue par nous à partir des immunsérums antibactériens du Cheval ([1]), constitue le matériel idéal pour l'étude de l'influence de la force ionique sur la solubilité isoélectrique. En effet, on l'obtient, homogène à l'électrophorèse et à l'ultracentrifugation, par simple dialyse et sa large zone d'insolubilité isoélectrique permet de déterminer sa solubilité isoélectrique avec exactitude. Or, cette étude présente un grand intérêt. Seul le protéide isoélectrique reste sensiblement comparable à lui-même comme entité chimique lorsque les variations de la force ionique ne sont pas trop excessives. L'étude de sa solubilité donnera donc son coefficient d'activité.

Les monogrammes de solubilité sont tracés par précipitation en fonction des trois variables : pH, force ionique et quantité de phase saturante en excès. Seule l'influence du chlorure de sodium a été étudiée jusqu'à maintenant. En admettant que, par définition, le point isoélectrique est le pH du minimum de solubilité, nous tirons des monogrammes la loi de la variation de la solubilité isoélectrique en fonction de la force ionique. Cette loi, obtenue avec huit préparations d'euglobuline I(1) distinctes, est indiscutablement linéaire et, très probablement, définie pour le protéide considéré. Nous résumons dans le tableau et la figure ci-contre les résultats de deux expériences effectuées avec des soins particuliers.

1° Concentration totale du protéide : 6,97 °/₀₀.

Les solubilités sont calculées suivant la loi : S °/₀₀ = 33,36.μ (μ = force ionique).

μ.	S_e.	S_{tr}.	μ.	S_e.	S_{tr}.
0,0077........	0,26	0,31	0,0517........	1,73	1,70
0,0164........	0,55	0,57	0,0663........	2,21	2,24
0,0272........	0,91	0,92	0,0765........	2,55	2,52
0,0370........	1,23	1,13	0,0955........	3,19	3,38
0,0472........	1,58	1,48	0,1152........	3,84	3,71

(*) Séance du 28 juin 1924.

([1]) G. Sandor, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2492; *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1951, p. 1483.

2° Concentration totale du protéide : 13,67 ‰.

1° $\mu \leqq 0{,}0423$. Les solubilités sont calculées suivant la loi :

A. $S\ ‰ = 0{,}2 + 13{,}8 . \mu$.

μ.	S_c.	S_{tr}.
0,0033........	0,25	0,24
0,0132........	0,38	0,41
0,0232........	0,52	0,48
0,0235........	0,52	0,40
0,0333........	0,66	0,88

2° $\mu \geqq 0{,}0423$. Les solubilités sont calculées suivant la loi :

B. $S\ ‰ = -3{,}4 + 99 . \mu$.

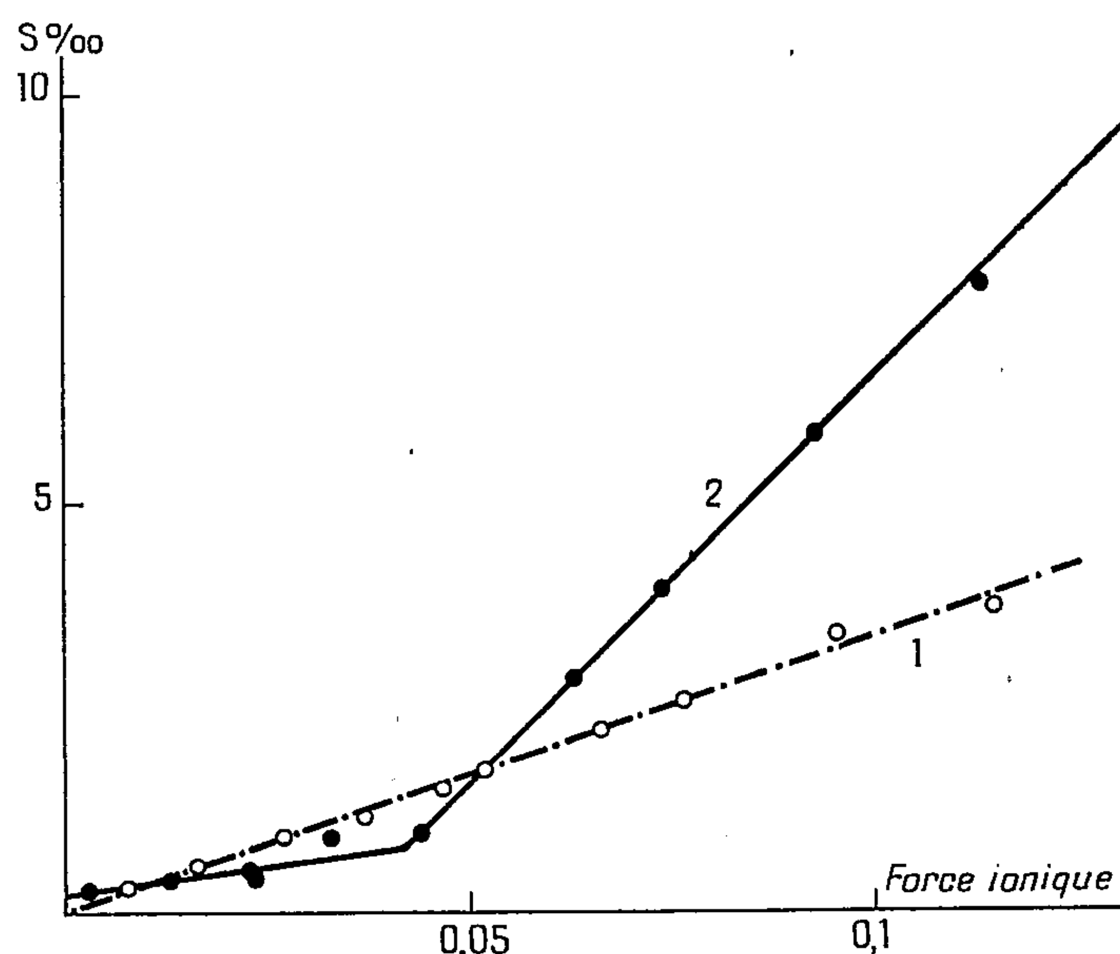
μ.	S_c.	S_{tr}.
0,0438........	0,93	0,96
0,0633........	2,87	2,83
0,0738........	3,91	3,94
0,0933........	5,84	5,78
0,1135........	7,84	7,66

S_c = solubilité calculée; S_{tr} = solubilité trouvée.

Kirkwood ([2]) a tiré de considérations théoriques la loi :

$$-\log \gamma = \log \frac{S}{S_0} = \text{const.} \frac{\mu}{D}$$

(D, constante diélectrique; γ, coefficient d'activité) appliquable à des ions amphotères, dipôles ou multipôles. Seuls Palmer ([3]) et Groenwall ([4]) ont effectué des études expérimentales comparables aux nôtres. Ces auteurs



Solubilité de l'englobuline I(1) isoélectrique (multipôle) en fonction de la force ionique. — 1 = 7 ‰ de protéides : S ‰ = 33,36 μ. 2 = 14 ‰ de protéides : *a*. $\mu \leqq 0{,}0423$: S ‰ = 0,2 + 13,8 μ; *b*. $\mu \geqq 0{,}0423$ S ‰ = — 3,4 + 99 μ. Température : (+ 5 ± 1)°.

([2]) *J. Chem. Phys.*, **2**, 1934, p. 351.
([3]) *J. Biol. Chem.*, **104**, 1934, p. 359.
([4]) *C. R. Laboratoires Calrsberg*, série chimique, **24**, 1942, p. 185.

étudient la solubilité isoélectrique de la β-lactoglobuline en présence de forces ioniques variées. Palmer retrouve l'équation de Lewis : — $\log \gamma = \text{const.} (\sqrt{\mu})$, appliquable, pour des forces ioniques très faibles, à un ion véritable. Mais Groenwall et en utilisant ses propres résultats et en recalculant ceux de Palmer, trouve qu'en fait, ni l'équation de Lewis, ni celle de Kirkwood ne sont valables. Nous pensons, cependant, que les recherches de ces auteurs peu approfondies, devraient être reprises.

Pour interpréter nos résultats, il faudrait tenir compte du fait que la globuline sérique utilisée par nous, comme les globulines sériques en général, possède une solubilité qui varie avec la quantité de phase saturante en excès. Donc elle ne satisfait pas à la définition thermodynamique d'une espèce chimique. Cependant, à notre avis, l'interprétation de ce fait n'est pas simple dans le cas des protéides. Nous admettons donc que les résultats obtenus permettent bien de déterminer le coefficient d'activité du protéide isoélectrique, multipôle, qui obéirait ainsi à la loi linéaire très simple : $(1/\gamma)$ (protéide($= (S/S_0) = \text{const}\ \mu$. Les profondes modifications que subissent ces constantes avec les variations des quantités de phase saturante en excès, posent un problème capital du point de vue de la chimie physique des protéides.

BACTÉRIOLOGIE. — *Études sur la toxine α de* Welchia perfringens. *Rapports entre croissance et toxinogenèse*. Note (*) de MM. **Bernard Bizzini** et **Marcel Raynaud**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

En culture, agitée ou non, la sécrétion de la toxine α de *W. perfringens* au cours de la phase exponentielle de croissance ne s'effectue qu'après un temps de latence, qui peut être réduit mais non supprimé par emploi d'inoculums abondants.

L'importance de l'étude des rapports entre la croissance et la toxinogénèse a déjà été soulignée dans des travaux antérieurs relatifs à la toxine staphylococcique (1), à la toxine tétanique (2), (3) et à la toxine diphtérique (3), (4). Dans le cas de *W. perfringens*, cette étude est aussi essentielle, si l'on veut préciser la nature encore inconnue des facteurs qui président à l'élaboration de la toxine α. Nous avons utilisé la souche B. P. 6 K. La culture a été faite sur le milieu décrit par Van Heyningen (5). L'agitation a été réalisée par

(*) Séance du 21 juin 1954.

(1) R. Mangalo, J. Pillet et M. Raynaud, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1031.

(2) M. Raynaud, *C. R. VIe Congrès Internat. Microb.*, 2, n° 590, 1953, p. 279.

(3) M. Raynaud, A. Turpin, R. Mangalo et B. Bizzini, *Ann. I. P.*, 1954 (sous presse).

(4) M. Raynaud et R. Mangalo, *C. R. VIe Congrès Internat. Microb.*, 1, n° 255, 1955, p. 376.

(5) *Biochem. J.*, 42, 1948, p. 127.

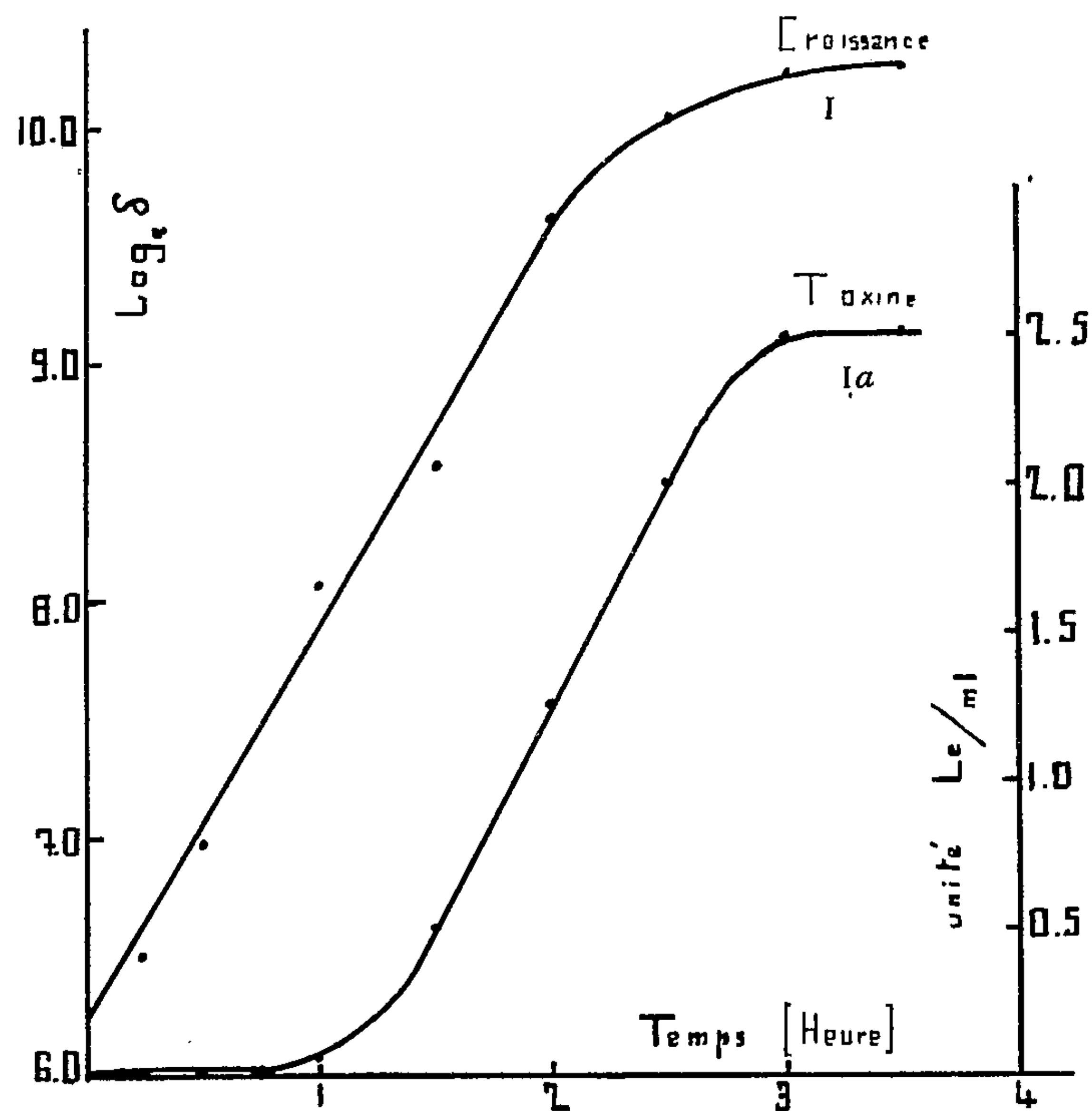

Croissance
I
Toxine
Ia
Log. S
10.0
9.0
8.0
7.0
6.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
unité Le/ml
Temps [Heure]
1
2
3
4

Fig. 1.

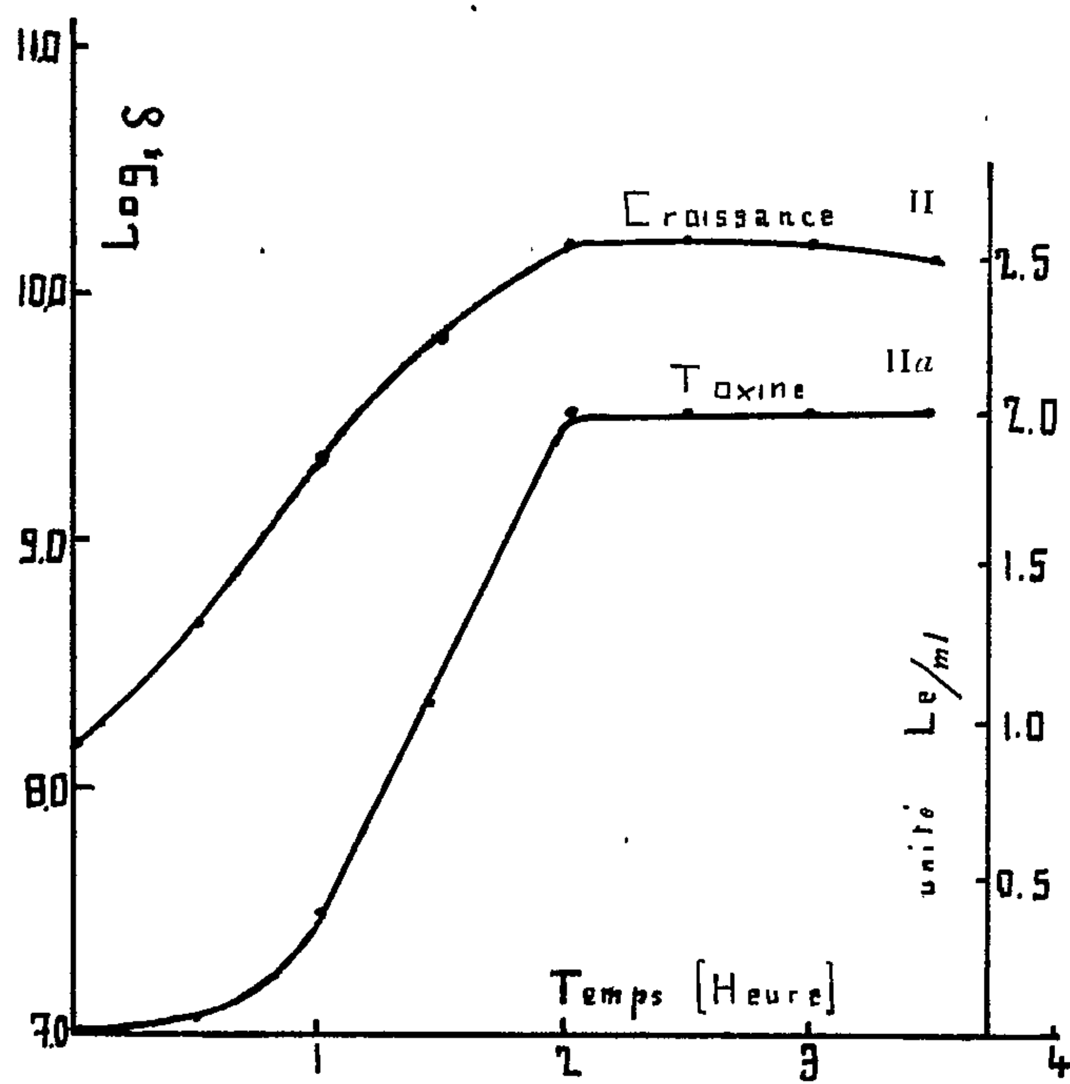

Log. S
11.0
10.0
9.0
8.0
7.0
Croissance
II
Toxine
IIa
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
unité Le/ml
Temps [Heure]
1
2
3
4

Fig. 2.

insufflation d'un mélange d'azote + 5 % de CO_2 dans les tubes de culture. La croissance a été mesurée par détermination de la densité optique au photomètre Klett-Summerson avec l'écran 540, en se plaçant pour les lectures dans la zone où la densité optique des suspensions est proportionnelle à la quantité de germes. La concentration de la toxine α a été mesurée par la détermination du pouvoir de combinaison en utilisant comme indicateur l'émulsion de jaune d'œuf ([5]) et à titre de comparaison par la méthode manométrique de Zamecnick et coll. ([6]). La figure 1 montre les résultats obtenus à 35° en culture agitée avec un inoculum de densité moyenne ($\delta_0 = 0{,}057$ mg N/ml : courbes I — I*a*). et un inoculum de densité élevée ($\delta_0 = 0{,}127$ mg N/ml : courbes II — II*a*.

La toxine n'apparaît dans le milieu qu'après une certaine latence, qui peut être réduite mais non supprimée par emploi d'un inoculum abondant. La forme de la courbe qui figure l'évolution de la toxinogénèse en fonction du temps est semblable à celle que l'on observe dans le cas de *Staphylococcus aureus*.

Des résultats analogues ont été obtenus en culture non agitée par E. Gale et W. E. Van Heyningen ([7]).

La latence observée dans la production de la toxine ne paraît pas due à un retard de la sécrétion de la toxine par rapport à sa synthèse car il est impossible de mettre en évidence des quantités appréciables de toxine dans les corps microbiens. La courbe obtenue semble donc bien traduire la cinétique de la synthèse de la toxine. La relation entre la quantité de toxine formée et la masse microbienne totale n'est donc pas une simple relation de proportionnalité.

On peut prévoir, d'après les courbes I — I*a*, qu'il est possible de stabiliser une culture continue de *W. perfringens* à un niveau moyen (correspondant à la production par exemple de 0,170 mg d'azote bactérien par ml et par heure sur milieu Van Heyningen) sans qu'il y ait production de toxine. C'est ce que nous avons vérifié expérimentalement. Une culture de ce type permet d'étudier l'influence de diverses substances sur la toxinogénèse.

MICROBIOLOGIE. — *Variations du pouvoir fermentatif glucidique des divers éléments d'une même souche microbienne.* Note de M. **Jean Fricker**, présentée par M. Léon Binet.

L'identification de nombreuses espèces microbiennes telles que les *Salmonella*, les *Escherichia*, etc., repose en grande partie sur l'étude de leur pouvoir fermentatif à l'égard des divers glucides. Jusqu'à présent ce pouvoir était

([6]) P. Zamecnick, L. E. Brewster et F. Lipmann, *J. Exp. Med.*, 85, 1947, p. 381.
([7]) *Biochem. J.*, 36, 1942, p. 624.

apprécié soit uniquement qualitativement, soit également quantitativement, mais dans ce dernier cas d'une manière toujours approximative. C'est pourquoi nous nous sommes proposé d'effectuer une détermination exacte de l'intensité fermentative glucidique d'un germe donné. A cette fin, il nous a semblé que la méthode la plus simple et la plus précise était de mesurer, dans des conditions toujours identiques, le volume des gaz dégagés au cours de cette fermentation, volume qui est proportionnel à l'intensité de la réaction. A cet effet nous avons procédé de la façon suivante :

Une pipette de précision de 2 cm^3, graduée en dixièmes est obturée à son extrémité effilée. Après stérilisation, elle est remplie de bouillon peptoné ordinaire additionné de 2 % du glucide choisi et de 1 % d'une culture de 16 h en bouillon du germe étudié. Les souches microbiennes dont nous nous sommes servi pour nos essais avaient subi auparavant plusieurs isolements et étaient donc rigoureusement pures. Le remplissage de la pipette est effectué jusqu'à formation d'un petit ménisque dépassant légèrement le bord. La pipette est alors retournée rapidement, mais sans brusquerie pour éviter tout écoulement de liquide, et la grosse extrémité est ensuite introduite au fond d'un tube à essais contenant 1 cm^3 de bouillon pour faire joint. Il faut avoir soin au cours de ces manipulations d'éviter la présence de bulles d'air à l'intérieur de la pipette ce qui fausserait les résultats. Tube et pipette sont alors mis à l'étude à 37° et après 48 h on note le volume exact des gaz accumulés à la partie supérieure de la pipette. Il n'y a pas lieu de tenir compte de la pression barométrique dont l'influence est pratiquement nulle dans le cas particulier, seule la température à laquelle se fait la lecture doit être constante.

Une première expérience ayant été ainsi réalisée nous avons voulu contrôler nos premiers résultats. Or, contrairement à notre attente, les expériences ultérieures nous donnèrent des résultats extrêmement variables quant au volume des gaz recueillis. Pensant que l'inconstance de ces résultats était peut-être due à des variations expérimentales occultes survenant au cours de nos expériences successives, nous avons alors opéré en une seule fois avec un lot de 20 pipettes. Celles-ci, rigoureusement semblables furent remplies avec le même bouillon, mises ensemble à l'étuve et les résultats contrôlés au même moment. Cette fois encore, le volume gazeux obtenu dans chacune de ces pipettes varia dans de très fortes proportions allant parfois de 1 à 10 et même plus. A la suite de cette constatation nous nous sommes demandé si le volume total des gaz des 20 pipettes ne donnait pas un nombre sensiblement constant malgré les variations individuelles. Des expériences successives nous ont montré qu'il n'en était rien.

Enfin nous avons essayé d'effectuer une double sélection en repiquant séparément à chaque expérience, d'une part les germes ayant donné le plus grand volume de gaz et d'autre part ceux en ayant donné le moins. Or les résultats

obtenus avec ces souches n'ont pas été sensiblement différents des précédents et des variations analogues furent observées.

Il est à noter qu'avec la technique que nous venons de relater on ne recueille pas obligatoirement la totalité des gaz dégagés par le poids de glucide contenu dans les 2 cm^3 de bouillon sucré introduits dans la pipette. En effet, il y a refoulement hors de celle-ci d'une quantité de bouillon égale à celle occupée par les gaz, ce bouillon pouvant encore contenir une certaine quantité de glucide incomplètement fermenté. Ce fait n'a d'ailleurs pas d'importance puisqu'il ne s'agit que d'expériences comparatives. Néanmoins si l'on veut étudier l'action fermentative sur une quantité fixe de glucide, il est facile de l'obtenir en ayant recours à la technique suivante :

On met seulement 1 cm^3 de bouillon sucré dans chaque pipette et on achève le remplissage avec de l'eau tiède très faiblement gélosée qui, en raison de sa faible densité, reste au-dessus du bouillon. Après gélification légère par refroidissement, on retourne la pipette dans le tube, comme précédemment, en maintenant son extrémité inférieure à environ 1 cm du fond du tube pour faciliter la sortie de la gélose refoulée par le dégagement gazeux. Ainsi tous les gaz produits par le glucide contenu dans le bouillon sont intégralement recueillis puisque tout le bouillon reste contenu dans la pipette jusqu'à la fin de l'expérience. Or, même explorés dans ces conditions, les volumes gazeux recueillis sont toujours extrêmement variables.

Des expériences ci-dessus relatées on peut donc tirer les conclusions suivantes :

1° Une souche microbienne pure, douée d'une action fermentative sur un glucide donné est constituée d'un agrégat d'éléments possédant, eux et leurs descendants chacun en ce qui les concerne, un pouvoir fermentatif fixe qualitativement sur ce glucide mais très variable quantitativement, variabilité qui est une caractéristique de l'espèce microbienne considérée.

2° L'obtention par sélection dans une espèce microbienne pure de lignées douées d'un pouvoir fermentatif très développé ou au contraire très atténué s'avère impossible.

3° Les espèces microbiennes douées d'un pouvoir enzymatique sur un ou plusieurs glucides présentant de très importantes variations de ce pouvoir, ainsi que l'attestent les variations des volumes gazeux dégagés, il s'avère impossible d'isoler par ce moyen des lignées microbiennes distinctes au sein d'une espèce pure.

4° La représentation graphique des variations fermentatives se présente sous la forme d'une courbe en cloche, analogue à celle qu'on observe également dans les variations des caractères des espèces botaniques ou zoologiques pures.

SÉROLOGIE. — *Étude de l'évolution du protéinogramme et du lipoprotéinogramme de sérums humains portés à l'étuve à 37°.* Note de MM. **Gérard Biserte**, **André Charbonnier** et **François Guérin**, présentée par M. Léon Binet.

Le séjour à l'étuve à 37° provoque la baisse des β-globulines et l'augmentation des α_2-globulines. Les lipoprotéines se projetant primitivement sur les β migrent ensuite avec les α. Les transformations du protéinogramme sont identiques, si le sérum est délipidé au préalable. Le comportement particulier de trois sérums d'ictère grave est mentionné.

Nous avons cherché si le séjour à l'étuve à 37° se révèle capable de modifier les diagrammes protéiniques et lipoprotéiniques du sérum humain.

Les prélèvements ont été effectués aseptiquement sur des sujets sains et malades. On étudie le sérum témoin après 24, 48, 72 ou 96 h de séjour à l'étuve à 37°. Sur les différents échantillons, on réalise l'électrophorèse par deux méthodes : la réfractométrie en lumière blanche d'Antweiler et l'électrophorèse sur papier qui permet, outre la révélation des protéines par l'amidoschwartz, celles des lipoprotéines par le noir Soudan.

Le séjour à l'étuve à 37° apporte dans les nombreux cas étudiés des modifications souvent importantes :

1° *Modifications des protéines.* — *a.* Les fractions sérumalbumine et γ-globulines demeurent quantitativement inchangées dans la plupart des cas. Les *modifications observées, lorsqu'elles existent,* sont peu importantes et ne revêtent pas un type uniforme : par exemple, il peut y avoir augmentation ou baisse des γ-globulines.

b. On observe par contre des modifications d'un type standard des α_2 et des β. Elles apparaissent mieux avec la méthode d'Antweiler. *On note une baisse des* β (*cas* 17 : T : 16,6 % ; 96 h : 6,4 % ; *cas* 12 : T : 24,3 % ; 48 h : 16,2 %). Celle-ci s'accentue avec la durée du séjour à l'étuve pouvant aboutir à un véritable effondrement des β, surtout net si la fraction témoin était initialement accrue (ictère par obstruction). *Les α-globulines augmentent nettement,* α_2 surtout (*cas* 17 : T : 9,4 % ; 96 h : 19 % ; *cas* 12 : T : 15,8 % ; 48 h : 18,9 %).

Insistons sur le fait que la baisse des β et l'augmentation des α_2 étaient moins marquées à l'électrophorèse sur papier. Voici les résultats des deux mêmes cas :

Cas 17. — Témoin : A, 28 % ; α, 20,9 % ; β, 17 % ; 34 % ; 48 h : A, 30 % ; α, 23,7 % ; β, 12,6 % ; 33,7 %.

Cas 12. — Témoin : A, 35,3 %; α, 21.8 %; β, 16,5 %; 26,3 %; 48 h : A, 36,9 %; α, 24,7 %; β, 15,6 %; 22,8 %.

c. Dans certains cas, d'ictères en particulier, on observe *l'apparition de fractions anormales*, situées soit entre les β et les γ (à la manière de la fraction H de Staub), soit entre les α_2 et les β. Ces fractions sont plus nettes si le séjour à l'étuve a été plus prolongé, surtout pour la fraction dite H.

2° *Modifications des lipoprotéines*. — Elles apparaissent sur les lipidogrammes obtenus en électrophorèse sur papier. La transformation majeure apportée par l'étuve à 37° consiste en l'apparition d'une mobilité plus grande du sommet maximum des lipoprotéines qui se projette sur le sérum témoin au niveau des β globulines. On observe un tel phénomène dans tous les cas; et il s'accentue avec le temps de séjour à l'étuve. En fin des expériences réalisées, le maximum des lipoprotéines se projette au niveau des α (plus fréquemment des α_2). D'autre part, la tache maxima des lipoprotéines s'étale, en même temps qu'elle migre plus loin (*cas* 21 : tête, 61 mm; maximum, 52 mm; queue, 44 mm; 24 h : tête, 71 mm; maximum, 59; queue, 45).

Quant aux lipoprotéines normalement situées entre le maximum et le point de départ, elles s'étalent à l'étuve sans hiatus ni avec le point de départ, ni avec le maximum. Celles situées sur les albumines et les α_1-globulines — difficiles ou impossibles à déceler dans les cas d'ictère — ne voient pas leur mobilité transformée par l'étuve à 37°.

Dans les cas étudiés d'anomalie de la position témoin du sommet majeur des lipoprotéines, l'incubation est restée sans effet sur le diagramme protéinique et a influencé le lipidogramme de manière variable :

1° lorsque le maximum des lipoprotéines est en α_2 sur le témoin (néphrose lipoïdique) l'étuve à 37° ne provoque aucun phénomène de transfert des lipides.

2° dans les trois cas étudiés d'ictère grave, les lipidogrammes témoins sont inhabituels : complexes lipoprotéiques à concentration très faible et à mobilité quasi-nulle sans sommet aucun sur les β-globulines. Le séjour à l'étuve augmente la mobilité de ces lipoprotéines sans cependant qu'elles atteignent jamais les β-globulines.

3° *Influence de la délipidation par l'acétone-éther à* — 14°. — Cette délipidation entraîne la disparition presque complète de la coloration des lipidogrammes, tandis que celle des protéinogrammes ne semble pas être influencée. Naturellement, à l'Antweiler les α et les β sont très nettement diminués par la délipidation. Après chauffage à 37° du sérum délipidé, on observe à l'Antweiler des modifications des α_2 et des β comparables à celles des sérums non délipidés.

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Indépendance de la résistance et de la perméabilité des vaisseaux pulmonaires après injection endoveineuse d'adrénaline, puis d'histamine (recherches histopathologiques).* Note de M. **Maurice Bariéty** et Mlle **Denyse Kohler**, présentée par M. Léon Binet.

Par l'injection endoveineuse d'adrénaline, puis d'histamine, on peut déterminer chez le Lapin une congestion pulmonaire intense avec infarcissement généralisé du parenchyme, sans qu'il y ait production de spume, donc sans que la perméabilité des capillaires au sérum ait été sensiblement modifiée. Dans le cas considéré, la seule surcharge sanguine du poumon ne peut suffire à produire l'œdème.

L'injection endoveineuse d'adrénaline détermine chez le Lapin une congestion des vaisseaux pulmonaires qui peut s'accompagner d'une transsudation séreuse du capillaire vers l'alvéole, réalisant un œdème pulmonaire particulièrement typique. Selon les doses et la sensibilité des animaux, laquelle varie avec différents facteurs et au premier chef la saison, cet œdème se manifeste discrètement et se résorbe, ou devient mortel. L'histamine employée seule ne produit pas d'œdème chez le Lapin.

Il a été montré que lorsque la quantité d'adrénaline injectée est insuffisante pour provoquer l'œdème, l'injection endoveineuse subséquente d'histamine, faite au moment où l'hypertension adrénalinique atteint son acmé, augmente la réplétion des vaisseaux pulmonaires et permet l'apparition de l'œdème. Cependant, si la dose d'adrénaline est par trop faible, l'administration ultérieure d'histamine, même en très grande quantité, ne donne pas lieu à la production d'œdème, malgré une surcharge sanguine parfois considérable [1], [2].

Nous avons continué ces recherches par l'exploration histopathologique du tissu pulmonaire dans les divers cas où l'injection d'adrénaline puis d'histamine provoquait la congestion du poumon, avec ou sans œdème selon les proportions relatives de chaque drogue. Les expériences ont été effectuées sur de jeunes lapins mâles d'environ 2 kg, chez lesquels l'injection de 100 μg/kg ou moins de chlorhydrate d'adrénaline était insuffisante pour produire l'œdème pulmonaire. Les prélèvements ont été faits immédiatement après la mort de l'animal, ou 30 mn après l'injection d'histamine en cas de survie. La fixation et la coloration ont été effectuées selon la technique courante (hématéine-éosine). Nos résultats sont schématisés dans le tableau suivant :

(1) M. Bariéty et D. Kohler, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1389.
(2) M. Bariéty, D. Kohler et M. Barbe, *C. R. Soc. Biol.*, 147, 1953, p. 579.

Chlorhydrate d'adrénaline (µg/kg).	Histamine (µg/kg).	Observations histopathologiques.
75	200 100 50 25	*Alvéolite fibrino-leucocytaire étendue.* *Plages d'œdème.* Réaction hyperplasique avec congestion marquée. Distension emphysémateuse des alvéoles avec raptus hémorragique interalvéolaire par endroits et grosse congestion périalvéolaire en d'autres.
50	300 200 100 50 25	Épaississement des cloisons interalvéolaires. Réaction macrophagique.
25	500 400 200 100	*Raptus hémorragique généralisé.* *Pas d'alvéolite fibrino-leucocytaire.* *Pas de plage d'œdème.* Distension emphysémateuse des alvéoles avec par endroits rupture des cloisons interalvéolaires. Épaississement de certaines cloisons interalvéolaires.

Ainsi, lorsque la quantité d'adrénaline est par trop faible, quelle que soit la dose d'histamine, il ne se produit pas d'œdème pulmonaire vrai, en dépit d'une congestion intense des vaisseaux. Celle-ci peut entraîner une véritable apoplexie pulmonaire, avec infarcissement généralisé, sans qu'on observe de spume. Les vaisseaux pulmonaires éclatent sous la pression sanguine, sans que leur perméabilité au sérum soit sensiblement modifiée. Il apparaît une fois de plus ici que les deux propriétés : résistance et perméabilité, ne sont pas forcément liées, comme Parrot et Galmiche l'ont signalé (3). Dans des expériences poursuivies avec Mme J. Damien, nous observons des faits analogues chez le Chien soumis à des injections d'adrénaline, puis d'éphédrine.

Nos résultats ne peuvent être entièrement expliqués par le fait que, selon Halpern et ses collaborateurs, l'histamine provoque chez le Lapin la contraction des artérioles pulmonaires (4). Ils appuient par contre l'hypothèse que l'adrénaline, ou plutôt ses produits d'oxydation, pourvu qu'ils existent en quantité suffisante, augmentent la perméabilité des capillaires pulmonaires. Ces recherches doivent être poursuivies par l'étude de l'action de l'histamine sur le phénomène de lipodiérèse pulmonaire décrit par L. Binet, Bourlière et Tanret dans l'œdème chloré (5), retrouvé par nous dans l'œdème adrénalinique (6) et qui présente un rapport indubitable avec l'augmentation de la perméabilité capillaire.

(3) *Bull. méd.*, 59, 1945, p. 413.
(4) *Arch. int. Pharmacod.*, 82, 1950, p. 425.
(5) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 103.
(6) M. Bariéty et D. Kohler, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 967.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Le Pou agent vecteur naturel et expérimental des fièvres récurrentes.* Note de Mme **Hélène Sparrow**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'Homme, hôte indispensable à la vie du Pou (*Pediculus humanus*), ne pouvait être étranger à l'expérimentation faite avec cet insecte.

La malariathérapie de certaines maladies mentales ayant présenté des inconvénients graves, dans les pays naturellement palustres, d'excellents praticiens de Tunis lui ont préféré la récurrentothérapie. Avec deux de nos confrères psychiâtres, les Drs Lamarche (1) et Mareschal (2), nous avons appliqué cette thérapeutique sur plus de 150 malades, de l'année 1944 à ce jour (juin 1954).

Nous avons utilisé de nombreuses souches de récurrente :

1° souches de récurrente mondiale isolées au cours de l'épidémie de 1944-1946;

2° souche de la récurrente espagnole (souche Langeron) et sa mutation souche R. O. S.;

3° souches locales, isolées de cas humains de récurrente à tiques, dont la souche Esteve P.

Toutes ces souches ont fait l'objet de très nombreuses expérimentations sur les poux. Nous nous sommes servi, pour ces expériences, de l'élevage de poux, issu d'une même lignée, que nous entretenons, sans interruption, depuis 1937. Ces expériences ont donné lieu aux observations suivantes :

1. Spirochètes de la récurrente mondiale. — A. *Infection des poux.* — *a.* Un seul repas sur l'Homme, pendant l'accès fébrile, suffit pour infecter les poux.

b. Les spirochètes ingérés disparaissent en quelques heures, du contenu intestinal, pour réapparaître aussitôt dans le liquide cœlomique de l'insecte.

c. Les spirochètes se multiplient dans le pou d'autant plus rapidement et abondamment que les conditions de vie de l'insecte sont meilleures. Ils y persistent jusqu'à la fin de sa vie qui n'en n'est pas abrégée.

d. Les spirochètes restent virulents pour l'Homme jusqu'à la mort de l'insecte.

e. L'infection n'est pas héréditaire chez le Pou.

f. L'entretien des spirochètes par passages de poux à poux, par la méthode Weigl, est possible.

B. *Transmission de la maladie à l'Homme.* — *a.* Les piqûres des poux infectés sont inoffensives (Fait prouvé par Ed. Sergent).

b. L'infection peut être régulièrement provoquée avec le liquide cœlomique des poux, par scarification de la peau. L'incubation est alors de six jours.

---

(1) Rapport au Congrès de Médecine de Tunis, 1946.

(2) Rapport au Congrès de Psychiâtrie de Clermont-Ferrand, 1949.

c. Cette maladie expérimentale a le même caractère que la récurrente naturellement acquise.

d. La maladie non traitée laisse une certaine immunité, pendant quelques mois, tout au moins.

e. Dans les cas traités, des réinfections ont été observées : 6 semaines, 2 et 3 mois après la maladie.

2. Spirochètes de la récurrente a tiques. Récurrente espagnole. Souche Langeron. — A. *Infection des poux.* — *a.* L'alimentation d'un lot de poux, sur le malade, pendant l'accès fébrile, conduit régulièrement à l'infection d'un certain nombre de ces insectes.

b. Le pourcentage des poux ainsi infectés varie proportionnellement au nombre des spirochètes, généralement faible, dans le sang de l'Homme. Il varie aussi suivant le nombre des repas infectants.

c. Les spirochètes se multiplient dans le liquide cœlomique des poux et y persistent durant toute la vie de l'insecte qui n'en est pas abrégée.

d. Ces spirochètes sont virulents pour l'Homme et les animaux de laboratoire, surtout pour le Cobaye.

e. L'infection n'est pas héréditaire chez le Pou.

f. L'entretien des spirochètes par passages de poux à poux, par la méthode de Weigl est possible (vingt trois passages hebdomadaires, volontairement interrompus).

B. *Transmission de la maladie à l'Homme.* — La transmission expérimentale de la maladie à l'Homme peut se faire dans les mêmes conditions que celles indiquées précédemment pour la récurrente mondiale. Elle nécessite l'utilisation d'un liquide cœlomique riche en spirochètes (poux abondamment infectés).

Le caractère de la maladie se rapproche de celui de la récurrente à tiques provoquée par infection naturelle (piqûre de tiques). La maladie est moins intense que la récurrente mondiale. Le nombre des accès est généralement plus grand, leur cadence est moins régulière.

Conclusions. — Au cours d'une longue expérimentation, nécessaire à la mise au point d'une méthode de récurrentothérapie, nous avons pu préciser quelques points importants du comportement des spirochètes de la récurrente mondiale dans le pou, agent vecteur habituel de cette maladie.

Il nous a été possible, aussi, grâce à des artifices de laboratoire et à une grande habitude de la manipulation des poux, d'adapter à cet insecte les spirochètes d'une récurrente à tiques.

Ce travail présente des difficultés et des aléas et, si dans la nature, l'infection du Pou sur l'Homme atteint de récurrente à tique est possible, elle doit être exceptionnelle, et se faire dans des conditions telles que l'explosion d'une

épidémie, ayant le pou comme agent vecteur, est tout à fait improbable, avec les souches de récurrente à tique étudiées et décrites jusqu'à présent.

Enfin, il nous a été donné d'observer une mutation de la souche Langeron qui a présenté une affinité remarquable pour le pou, lui donnant ainsi un des caractères essentiels de *Borrelia recurrentis*.

ÉCONOMIE RURALE. — *Apparition en France d'une maladie épizootique du Porc : la Rhinite atrophique.* Note de MM. **Abel Brion** et **Philippe Cottereau**, transmise par M. Gaston Ramon.

Nous avons eu l'occasion de reconnaître l'apparition en France d'une maladie épizootique du jeune Porc, connue jusqu'ici principalement en Amérique du Nord, U. S. A. et Canada, et dont les premiers cas viennent d'être publiés en Angleterre ([1]), où elle a aussitôt motivé des mesures prises par ordre du Ministère de l'Agriculture.

Cette affection a sévi, à partir du mois de mai, dans un élevage du département de l'Allier; une quarantaine de porcelets âgés d'environ deux mois en ont été atteints. Dès que le diagnostic a été posé sur les sujets envoyés à notre laboratoire, tous les animaux malades ont été sacrifiés.

Les signes que nous avons observés sont typiquement identiques à ceux qui ont été décrits en Amérique ([2]) et en Angleterre. Ils consistent dans une déformation très spéciale de l'extrémité de la tête. La croissance du groin est arrêtée, tandis que celle de la mâchoire inférieure continue, ce qui aboutit à un prognathisme inférieur de 5 cm environ. En outre, le groin se plisse de sillons transversaux, et il se dévie sur le côté d'un angle d'au moins 30°. La région crânienne interoculaire se bombe, plus d'un côté que de l'autre, ce qui donne un peu un aspect d'hydrocéphalie. Un jetage, uni ou bilatéral s'écoule en permanence; il est séreux, ou séro-muqueux, ou mucopurulent. Son odeur est nulle. De temps à autre, surviennent des épistaxis unilatérales, sans cause appréciable. Les porcs ont des accès d'éternuements, surtout lorsqu'on les oblige à se relever ou à se déplacer; ils secouent la tête, frottent leur groin contre les objets voisins, puis ils éternuent violemment pendant quelques minutes, en battant du flanc; la crise passée, ils se recouchent. Le décubitus latéral paraît les soulager.

La maladie n'est pas mortelle, mais elle est très grave économiquement parce que les sujets atteints ont un développement très retardé et qu'ils consomment de grandes quantités de nourriture pour un gain de poids minime. Le coefficient d'utilisation des aliments est trop bas pour que l'élevage soit rentable, et le sacrifice s'impose.

([1]) *The Veterinary Record*, 66, 1954, p. 337-338. Éditorial anonyme.

([2]) Duthie, *Canad. J. Comp. Med.*, 11, 1947, p. 250-259; Gendreau, *Ibid.*, 12, 1948, p. 291-294.

Cette maladie, a laquelle on a donné le nom de Rhinite atrophique (*Infectious Atrophic Rhinitis; Dystrophic Rhinitis; Rhinitis Atrophica Deformans; Rhinitis Chronica Atrophicans*), a pu prêter à confusion avec deux affections dont la symptomatologie est voisine, la rhinite infectieuse nécrotique, et l'ostéofibrose nasale ou maladie du reniflement.

La rhinite nécrotique est due au bacille de la nécrose (*Actinomyces necrophorus*); elle provoque bien des déformations de la face, mais sans prognathisme inférieur; le jetage est purulent, il a une odeur caractéristique de nécrose, et il renferme des grumeaux; le processus destructeur des os évolue vers l'extérieur, et le pus peut alors s'écouler par des fistules.

La maladie du reniflement, dans l'étiologie de laquelle on relève un déséquilibre phosphocalcique de la ration, qui n'existait pas pour les porcs soumis à notre examen, et qui recevaient un aliment complet équilibré, dont l'équilibre a été vérifié par les analyses faites à notre laboratoire, se traduit par une hypertrophie de toute la partie supérieure de la tête, depuis les naseaux jusqu'au crâne; la voûte palatine devient convexe et fait saillie dans la bouche dont elle empêche la fermeture. La mâchoire inférieure est en retrait par rapport au groin; le prognathisme est donc supérieur.

D'après les signes cliniques que nous avons observés, il ne fait donc pas de doute que le diagnostic doit être celui de Rhinite atrophique.

L'autopsie d'animaux sacrifiés nous a montré de la congestion de la pituitaire, qui est recouverte de mucopus; les cornets nasaux et ethmoïdaux sont atrophiés et ramollis.

L'étiologie de cette maladie est donc très controversée. On sait qu'on peut la reproduire par instillation dans le nez de très jeunes porcelets, de moins de trois jours, du produit de raclage des cornets ou du jetage, et même des filtrats de ces produits. Diverses bactéries sans signification spécifique ont été isolées du jetage; Phillips trouve *Corynebacterium pyogenes* dans 90 % des cas ([3]); Switzer rencontre une abondance de flagelles qu'il décrit sous le nom de *Trichomonas suis* ([4]); Spindler et collab. voient le même flagellé chez 80 % des porcs malades et 2,8 % seulement des porcs indemnes ([5]); Gwatkin et collab. mettent en évidence un microorganisme ressemblant à une Rickettsia ([6]), puis insistent sur la possible association de ce virus avec *Pasteurella multocida* B ([7]). L'usage de la dihydrostreptomycine dans les élevages infectés diminue, selon Jones ([8]), le nombre des cas de rhinite.

([3]) PHILLIPS, LONGFIELD et MILTIMORE, *Canad. J. comp. Med.*, 12, 1948, p. 268-272.

([4]) *Vet. Med.*, 46, 1951, p. 478-481.

([5]) SPINDLER, SHORB, DOYS et HILL, *J. Amer. Vet. Med. Ass.*, 122, 1953, p. 151-157.

([6]) GWATKIN, PLUMMER, BYRNE et WALKER, *Canad. J. Comp. Med.*, 13, 1949, p. 15.

([7]) GWATKIN, DENZIS et BYRNE, *Ibid.*, 17, 1953, p. 215.

([8]) *J. Amer. Vet. Med. Ass.*, 121, 1952, p. 192.

Nous avons, à partir du matériel à notre disposition, inoculé de jeunes porcelets, et ferons connaître ultérieurement les résultats de ces inoculations, Dans ce matériel, provenant du raclage des cornets de porcs sacrifiés, nous avons trouvé une véritable pullulation de Trichomonas en forme de raquettes à trois flagelles, membrane ondulante et axostyle.

La séance est levée à 16 h 5 m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1954.

Monographies des probabilités. Fasc. 1. *Théorie de l'addition des variables aléatoires*, par PAUL LÉVY. Préface de ÉMILE BOREL. Deuxième édition. Paris, Gauthier-Villars, 1954; 1 vol. 25 cm.

Lyautey l'africain. Textes et lettres. II. 1913-1915, par PIERRE LYAUTEY. Paris, Librairie Plon, 1954; 1 vol. 23 cm.

Monge. Le savant ami de Napoléon-Bonaparte 1746-1818, par PAUL V. AUBRY. Ouvrage publié avec le concours du Centre national de la recherche scientifique. Paris, Gauthier-Villars, 1954; 1 vol. 23 cm.

La conservation par le froid des denrées d'origine végétale, par ROGER ULRICH, in *Encyclopédie du froid*. Paris, Librairie J.-B. Baillère et fils, 1954; 1 vol. 25,5 cm.

Traité de micro-analyse minérale et qualitative, par CLÉMENT DUVAL. T. I. Préface de PIERRE CHEVENARD. Paris, Presses scientifiques internationales, 1954; 1 vol. 24,5 cm.

Anatomie végétale, par ÉDOUARD BOUREAU. T. I, in *Collection Euclide*. Paris, Presses universitaires de France, 1954; 1 vol. 19,5 cm (présenté par M. R. Heim).

Spomenica miše kišpotić povodom stogodisnjice njegova rodenja. Zagreb, Jugoslavenska Akademija znanosti i umjetnosti, s. d.; 1 vol. 25 cm.

Prodromus flore lišaja Jugoslavije, par FRAN KUŠAN. Zagreb, Jugoslavenska Akademija Znanosti i umjetnosti, 1953; 1 vol. 24 cm.

Rudžer boškovič grada knjiga 1. Zagreb, Jugoslavenska Akademija znanosti i umjetnosti, 1950; 1 vol. 20 cm.

Proceedings of the Seventh Pacific Science Congress of the Pacific Science Association. Vol. IV. *Zoology*. Vol. VI. *Soil resources, forestry and agriculture*. Auckland Whitcombe and Tombs Ltd, 1953; 2 vol. 24,5 cm.

Los estudios cientificos en Vergara a fines del siglo XVIII, par LEANDRO SILVÁN, in *Monografias Vascongadas*, nº 12. San Sebastian, Biblioteca Vascongada de los amigos del Pais, 1953; 1 vol. 23 cm.

Nametnici i nametničke bolesti konja, par IVO BABIC, MARCEL DELAK, DAVOR MIKAČIĆ. Zagreb, Jugoslavenska Akademija znanosti i umjetnosti, 1953; 1 vol. 24 cm.

The Danish ingolf-expedition. Vol. III. Part 14. *Cirripedia Thoracica*, by HJALMAR BROCH. Published at the cost government, by The Direction of the zoological museum of the University. Copenhagen, Bianco Luno, 1953; 1 fasc.

Colloques nationaux du Centre national de la recherche scientifique. *L'équilibre hydrominéral de l'organisme et sa régulation.* Marseille 26-29 janvier 1953. Paris, Éditions du Centre national de la recherche scientifique, 1954; 1 vol. 23,5 cm.

Aerodynamics. Selected topics in the light of their historical development, by THEODORE VON KARMAN. Ithaca, N. Y., Cornell University Press, 1954; 1 vol. 24 cm.

Leonhardi Euleri Opera Omnia sub auspiciis societatis scientiarum naturalium helveticae. Series prima. *Opera mathematica.* Volumen vicesimum septimum; *Commentationes geometricæ.* Volumen secundum, editit by ANDREAS SPEISER. Lausanne, Orell Füssli Turici. 1 vol. 28,5 cm.

Madagascar et Dépendances. *Bulletin de l'Académie malgache.* Numéro spécial du cinquantenaire. Tananarive, Imprimerie officielle, 1954; 1 fasc. 27,5 cm.

(*A suivre*).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 JUILLET 1954.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Albert Demolon** signale la présence de M. **Thomas Wallace**, Correspondant de l'Académie, Directeur de la Station de recherches agricoles et horticoles de Long Ashton;

M. **Roger Heim** celle de M. **K. N. Kaul**, Directeur du « National Botanical Garden », à Lucknow (Inde).

M. le Président leur souhaite la bienvenue et les invite à prendre part à la séance.

M. **Albert Pérard**, comme l'un des délégués de l'Académie à l'Assemblée de l'Union Internationale de Physique pure et appliquée, qui s'est tenue à Londres, sous la présidence du Professeur Mott de Bristol, donne quelques renseignements sur les délibérations de cette Assemblée, où se trouvaient réunies les délégations de 22 pays.

Il ne parle des questions administratives que pour signaler le regret exprimé en séance, qu'elles tiennent tant de place et prennent tant de temps dans les réunions scientifiques.

Les diverses Commissions ont été renouvelées. Les projets des colloques et réunions de commissions ont été adoptés.

L'Union a entendu les rapports de ses Commissions spécialisées; mais ces rapports, dont le texte n'a pas été encore communiqué contiennent trop de points particuliers pour qu'une vue générale puisse en être dégagée dès maintenant.

Cependant deux Commissions importantes ont tenu des réunions dans les intervalles des séances plénières de l'Union : la Commission des Publications et la Commission S.U.N. (Symboles, Unités et Nomenclature).

Avec la Commission des Publications, l'Union Internationale a adopté

des Résolutions insistant en particulier sur la nécessité d'une classification en science, dans le sens le plus large, et indiquant les moyens qu'elle estime le mieux appropriés pour y parvenir.

Avec la Commission S.U.N., l'Union a accueilli favorablement la décision de la Conférence Générale des Poids et Mesures de 1948, admettant le principe d'une échelle thermodynamique de température, basée sur un seul point fixe, qui sera le point triple de l'eau, tout en regrettant que la valeur numérique, qui doit être assignée à ce point ne soit pas encore fixée.

Au sujet de la rationalisation des unités électriques, la résolution a été prise, pour prévenir toute confusion dans l'emploi respectif des systèmes C.G.S. non rationalisé et M.K.S.A. rationalisé, de réserver, pour le champ magnétique, l'unité œrsted au premier, et l'ampère par mètre au second.

La Commission S.U.N. avait établi un fascicule des symboles recommandés pour les grandeurs physiques et les unités. Pour les unités, à peine quelques corrections typographiques ont été apportées, et la liste des symboles reste parfaitement conforme à celle qui est parue dans les *Comptes rendus* du 28 juin dernier. Quant aux unités anglo-saxonnes, elles n'ont pas été considérées comme des unités physiques, dont l'Assemblée ait à s'occuper.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude du durcissement secondaire des aciers ferritiques peu alliés et de ses applications au fluage.* Note (*) de MM. **Albert Portevin**, **André Constant** et **Georges Delbart**.

Le traitement thermique des aciers ferritiques contenant du vanadium peut être conduit de telle sorte qu'il y ait précipitation de fins carbures de vanadium en cours de fluage, ce qui améliore nettement la résistance à chaud.

Les travaux de Crafts et Lamont (1) d'une part, de Wever, Rose et Peter (2), (3), d'autre part, ont attiré l'attention sur les phénomènes de durcissement secondaire au revenu présenté par les aciers ferritiques contenant du vanadium. Ce durcissement est en relation avec la précipitation de carbure de vanadium finement dispersé à partir du carbone en sursaturation et de la cémentite, présente après transformation bainitique, qui est instable à haute température en présence de vanadium.

Dans le cas d'un acier à 0,15 % C, 1,05 % Cr, 1,05 % Mo et 0,25 % V, nous

(*) Séance du 5 juillet 1954.

(1) W. Crafts et J. L. Lamont, *Trans. A. I. M. E.*, 180, 1949, p. 471.

(2) F. Wever, A. Rose et W. Peter, *Arch. Eisenhüttenw.*, 21, 1950, p. 367.

(3) A. Rose et W. Peter, *Stahl u. Eisen*, 72, 1952, p. 1063.

avons observé un durcissement secondaire appréciable pendant le revenu de structures formées, au moins partiellement, dans le domaine bainitique ou inférieur, condition indispensable pour que le durcissement secondaire se manifeste. La figure 1 représente par exemple les courbes de variation de la dureté en fonction de la durée du revenu à 700°C pour trois structures en majorité ou en totalité bainitiques, obtenues après austénitisation à 1050°, 2 h : A. par refroidissement à l'air; B. par trempe isotherme à 400°, 4 h; C. par refroidissement à l'air suivi de revenu à 325°, 2 h 30. Le durcissement observé ne peut être attribué à une transformation d'austénite résiduelle car il est aussi important si l'on détruit au préalable cette austénite par un revenu de 2 h 30 à 325°C (comparaison des courbes A et C). Il est donc bien en relation avec la précipitation de fins carbures de vanadium.

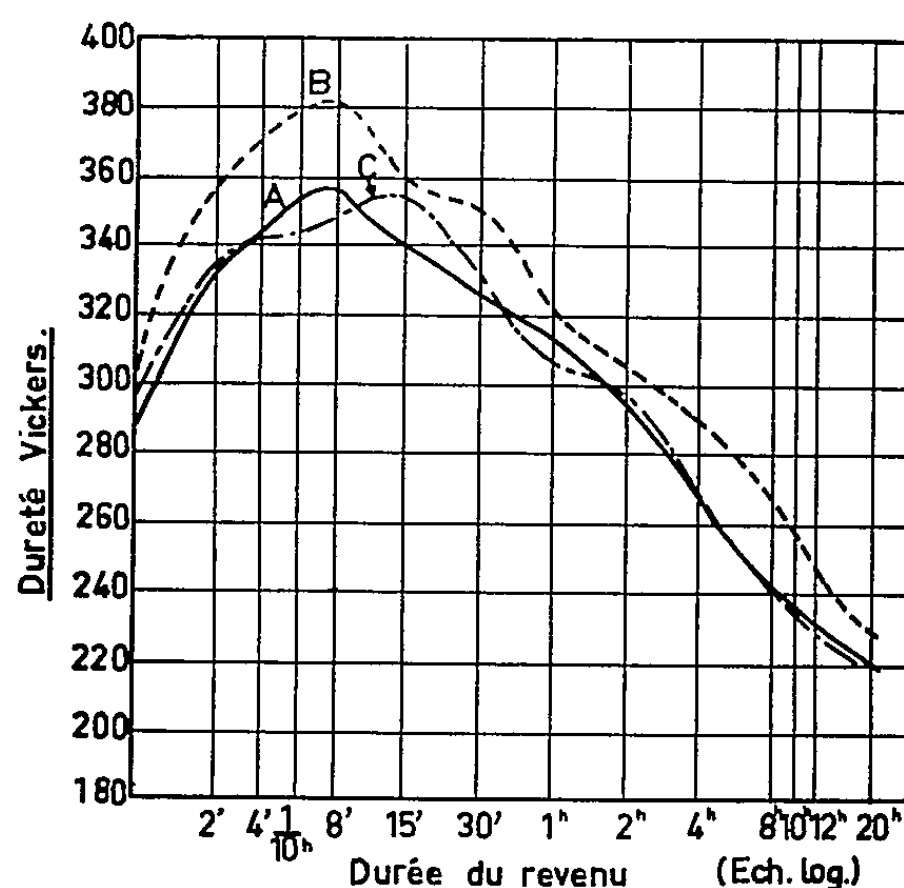


Fig. 1. — Acier au Cr, Mo, V : variations de la dureté en fonction de la durée du revenu à 700° pour 3 structures différentes.

Dès 1929, les travaux sur les aciers austénitiques tenaces à chaud ([4]), ([5]) montraient l'intérêt de provoquer en cours de fluage des précipitations durcissantes par un mécanisme analogue au durcissement secondaire des alliages légers. Le phénomène de durcissement secondaire des aciers ferritiques contenant du vanadium peut, dans le même esprit, être mis à profit pour obtenir

([4]) A. Portevin, E. Pretet et H. Jolivet, *XIe Congrès de Chimie Industrielle*, septembre 1931; Numéro spécial de *Chimie et Industrie*, p. 344; *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1237; *Génie Civil*, 101, 1932, p. 82; *Revue du Nickel*, juillet 1932, p. 85 et juillet 1933, p. 78.

([5]) P. Chevenard, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 846; *Revue Métal.*, 31, 1934, p. 473, 516.

une résistance au fluage élevée, en soumettant au fluage des aciers présentant une structure telle qu'une précipitation de carbure de vanadium puisse se produire au cours de l'essai lui-même.

Ce but peut être atteint en conduisant le traitement thermique de façon qu'une partie de la transformation s'effectue dans le domaine bainitique, c'est-à-dire en adoptant une vitesse de refroidissement assez faible après austénitisation et en soumettant au fluage la structure ainsi obtenue, sans lui faire subir de revenu préalable. Dans le cas de l'acier au Cr, Mo, V déjà cité, nous avons essayé 300°C/h et 60°C/h comme vitesses de refroidissement. La figure 2 relative à un essai à 550° sous 17 kg/mm² montre le gain de résistance obtenu par ces traitements par rapport à des traitements classiques de trempe et revenu.

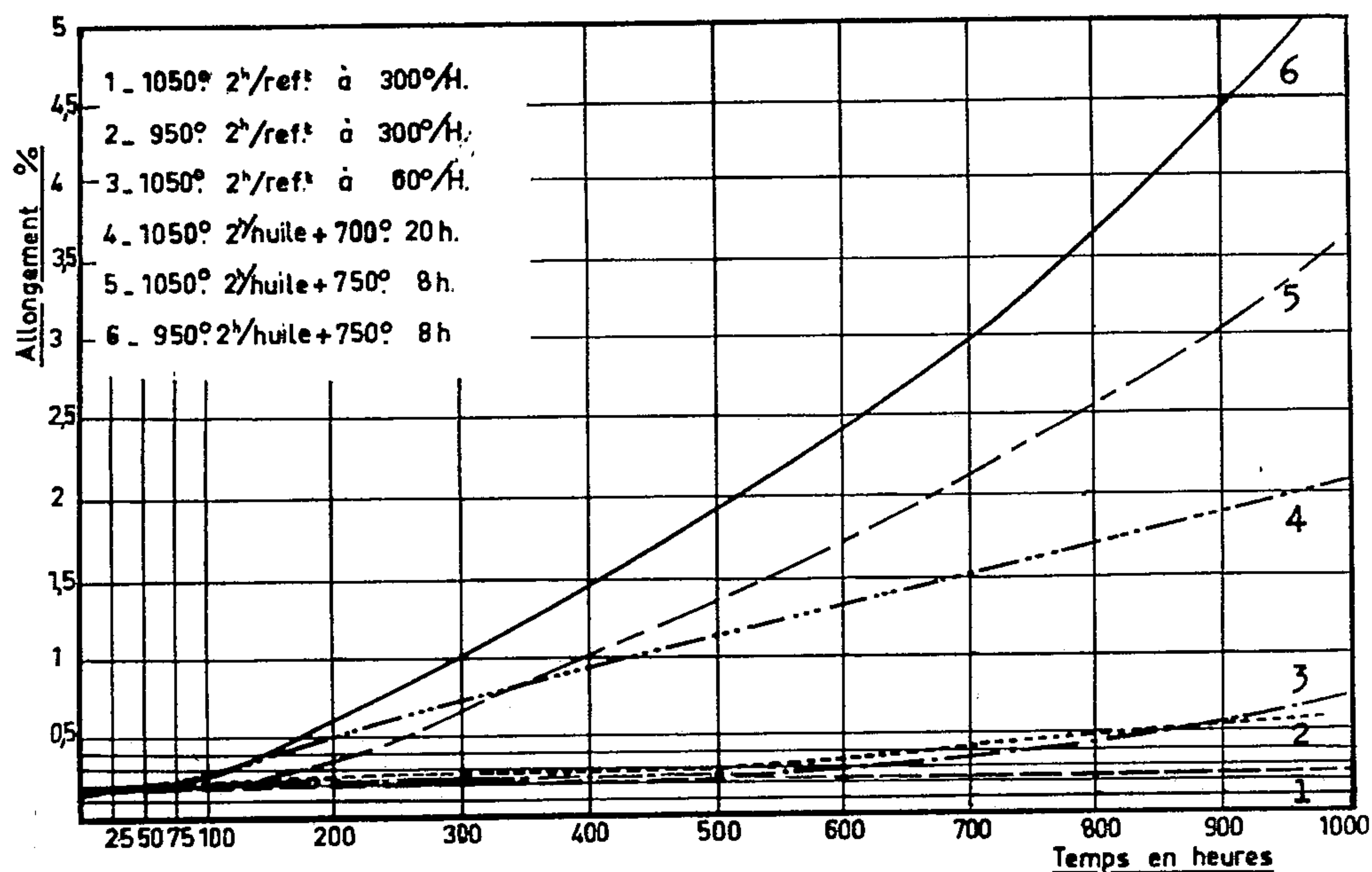


Fig. 2. — Acier au Cr, Mo, V : Essai de fluage de 1000 h à 550° sous 17 kg/mm² montrant la supériorité des structures dans lesquelles une fine précipitation de carbure de vanadium se produit en cours de fluage (courbes 1, 2, 3) sur les structures de trempe et revenu (4, 5, 6).

Pour être efficace, la précipitation doit se faire lentement en cours d'essai : il faut pour cela que la température soit assez élevée pour que la précipitation soit possible, mais pas trop élevée pour qu'elle ne soit pas trop rapide, cette limite supérieure étant évidemment fonction de la durée de vie envisagée et d'autant plus haute que celle-ci est plus courte. Pour les aciers employés dans la construction des appareils à vapeur par exemple, elle doit être de l'ordre de 575 à 600°.

On observe, à dureté égale, une diminution appréciable de la résistance au fluage si l'on provoque par revenu la précipitation des carbures avant fluage.

Il faut remarquer par ailleurs que la précipitation des carbures en cours de fluage ne conduit pas à une fragilisation du métal, car elle ne se produit pas de façon préférentielle aux joints des grains, mais en grande partie dans les grains eux-mêmes. Le Tableau montre que les allongements de rupture sont de l'ordre de 10 % pour une durée de vie supérieure à 200 h à 550°-35 kg/mm² et de 20 % pour une durée de vie supérieure à 200 h à 600°-20 kg/mm².

Acier à 1 % Cr, 1 % Mo, 0,25 % V.

Résultats d'essais de rupture à 550 et 600° C.

Traitement thermique.	Temps amenant la rupture et allongement de rupture (%). 550° — 35 kg/mm².		600° — 20 kg/mm².	
1050° 2 h/refroidissement à 300°/h jusqu'à l'ambiante.	548 h	9,2 %	319 h	17 %
950° 2 h/refroidissement à 300°/h jusqu'à l'ambiante.	213	13	205	27

Le procédé semble applicable aux aciers contenant des éléments autres que le vanadium mais ayant comme lui une grande aptitude à la formation de carbures, le tantale, le niobium et le titane par exemple, l'élément le plus intéressant pour les utilisations à haute température étant celui dont le carbure se forme à la température la plus élevée.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Ombellifères. Développement de l'embryon chez l'*Anthriscus Cerefolium *Hoffm.* Note (*) de M. **René Souèges**.

Les formes embryonnaires chez l'*Anthriscus Cerefolium*, comme chez l'*Apium inundatum*, dérivent, en règle générale, d'un proembryon octocellulaire à huit étages. Les deux espèces entrent dans la même famille embryogénique ; elles obéissent dans leur développement aux lois qui ont été d'abord établies au sujet d'une Oléacée, le *Ligustrum ovalifolium*.

En 1952, aux dernières lignes de ma Note relative à l'*Astrantia major* L. (1), je faisais remarquer que l'on pouvait distinguer déjà, chez les Ombellifères, deux catégories de formes : 1° celles qui, dérivant d'une tétrade en C_2 et de proembryons octocellulaires à six, sept et huit étages, se rangent dans la première ou dans la deuxième période du système embryogénique ; 2° celles qui, se rattachant à une tétrade en B_2, et, d'une manière constante, à un proembryon à quatre étages, type du *Geum*, prennent place dans la première

(*) Séance du 5 juillet 1954.

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 674.

période. Les formes de l'*Astrantia* appartiennent à cette deuxième catégorie; celles du *Carum Carvi* L. ([2]) de l'*Apium inundatum* Reich. (*Helosciadium inundatum* Koch) ([3]) et celles, tout dernièrement examinées, du *Silaus pratensis* Bess. ([4]), à la première. Mais, dans ce dernier cas, se séparent nettement des deux autres espèces, d'une part, l'*Apium inundatum*, qui, n'offrant généralement qu'un proembryon octocellulaire à huit étages, prend place dans la deuxième période du système, d'autre part, le *Silaus pratensis* qui se classe dans la première avec ses deux sortes de proembryons octocellulaires à six et à sept étages.

De profondes différences se dégagent de la sorte; il s'agit de savoir si les cadres qu'elles permettent d'établir sont valables pour les autres Ombellifères. Étant donné les très nombreuses espèces que comprend la famille, tout porte à croire qu'ils seraient insuffisants.

Chez l'*Anthriscus Cerefolium* Hoffm., comme le démontrent les figures 1 à 4, une tétrade linéaire *première*, en C_2, se produit par bipartition des deux éléments superposés du proembryon bicellulaire. D'après les figures 2 et 4, la cellule basale se diviserait avant la cellule apicale; d'après les figures 3, 5 et 6, par contre, la segmentation transversale de *ca* aurait précédé celle de *cb*. Par de nouvelles divisions transversales, les quatre cellules de cette tétrade donnent naissance à un proembryon octocellulaire (*fig.* 7) comportant huit éléments superposés. Les quatre éléments supérieurs *l* (ou *ce*), *l'* (ou *cf*), *m* et *ci* représentent une tétrade *seconde*, en C_2 encore; c'est aux dépens de cette tétrade que s'édifie le corps embryonnaire; les quatre éléments inférieurs, issus de la cellule basale, engendrent la totalité ou la plus grande portion du suspenseur. Celui-ci atteint d'assez grandes dimensions; il se montre composé de cellules aplaties, parfois cloisonnées verticalement ou obliquement; les figures 9 à 21 permettent de se rendre compte de leur mode de succession et de leur agencement.

Les deux éléments *l* et *l'* de la tétrade seconde se segmentent verticalement (*fig.* 8, 12, 13, 14, 15) pour donner quatre éléments disposés en deux dyades superposées, ayant valeur de quadrants; les divisions suivantes, dans ces quadrants, ne se montrent nullement verticales méridiennes, de sorte qu'il ne se constitue pas, aux dépens de ces quadrants deux étages de cellules circumaxiales ayant valeur d'octants véritables, comme chez l'*Apium inundatum*.

Dans les deux quadrants supérieurs, les cloisons (*fig.* 17, 18) sont le plus souvent anticlines, rarement périclines (*fig.* 19, à droite). Les figures 20, 23 montrent comment se disposent les cloisons suivantes; en 22, 24 deux assises sous-épidermiques se sont constituées; bientôt il en apparaît une troisième en même temps que s'accuse une démarcation nette entre épicotyle (*te*) et partie cotylée *sensu stricto* (*fig.* 24, 25, 27). Le tissu épiphysaire qui se différencie de la sorte, plus ou moins apparent selon les cas, ne tire nullement origine d'une cellule épiphysaire privilégiée, occupant, dès les plus jeunes stades, le sommet de l'axe embryonnaire; concourent à son édification les deux quadrants homodynames supérieurs des formes (*fig.* 11 à 16) voisines de la troisième génération cellulaire à partir de la cellule apicale.

Dans les deux quadrants inférieurs (*l' fig.* 14, 15), les premières cloisons peuvent être longitudinales (*fig.* 16, à g., 17, 20) ou transversales (*fig.* 16 à d., 19 à d.), même obliques

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 339; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 77, 1939, p. 494.
([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 128.
([4]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1948.

(*fig.* 18, 19 à g.); ensuite interviennent des parois transversales qui font apparaître deux assises (*fig.* 21, 22, 23) puis trois (*fig.* 26) et ultérieurement d'autres qui concourent à la construction de la partie supérieure de l'hypocotyle, celle qui correspond au primordium de la tige hypocotylée (*fig.* 24 à 27).

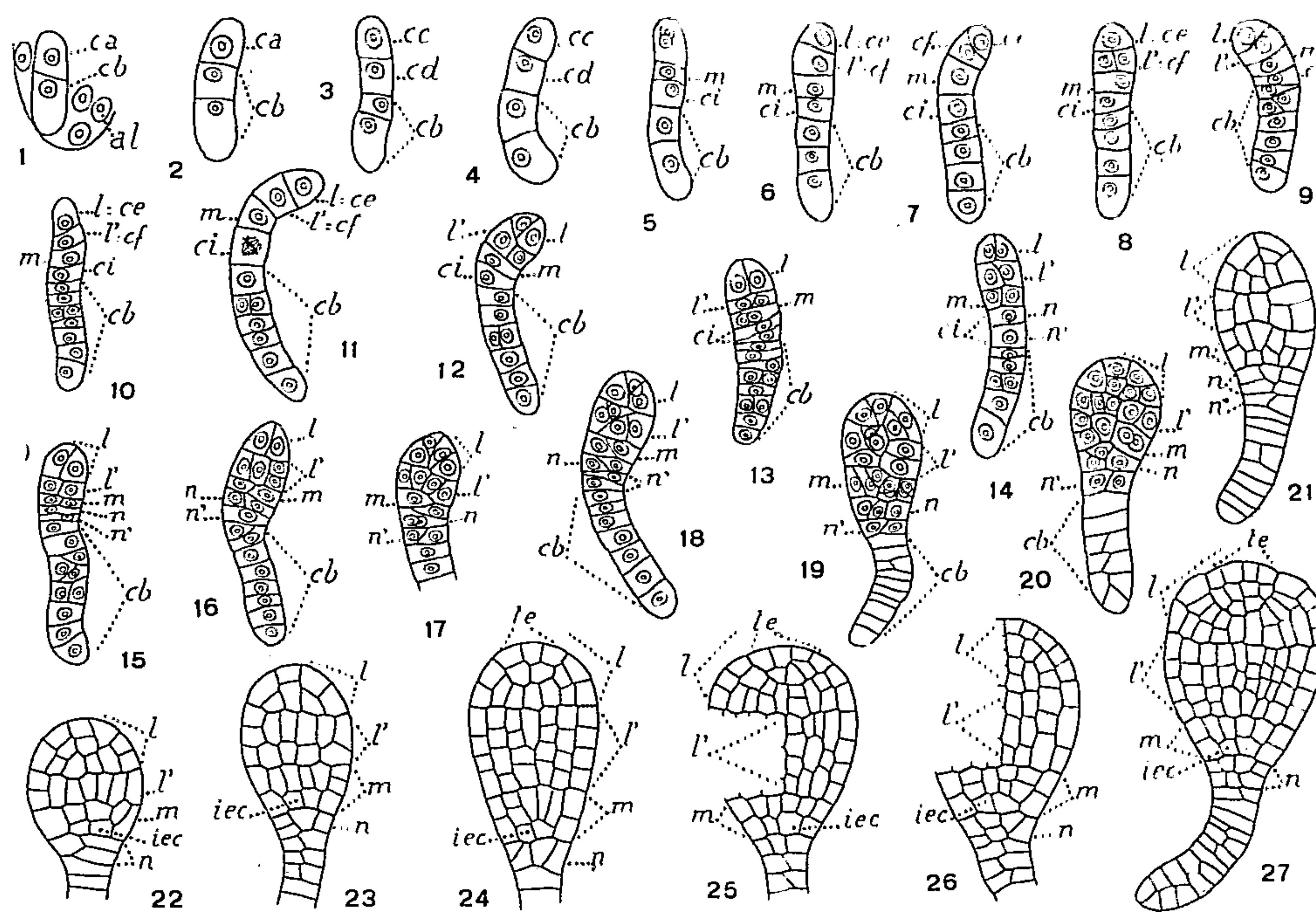


Fig. 1 à 27. — *Anthriscus Cerefolium* Hoffm. — Les principaux termes du développement de l'embryon : *al*, albumen; *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou partie inférieure du suspenseur; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*, mères de la tétrade seconde; *l* ou *ce*, cellule terminale de cette tétrade ou partie cotylée *s. lato*; *l'* ou *cf*, cellule subterminale de la tétrade ou partie supérieure de l'hypocotyle; *m* cellule intermédiaire de la tétrade ou partie inférieure de l'hypocotyle; *ai* : cellule inférieure de la tétrade, mère de *n* et *n'*; *n*, primordium de la coiffe; *n'* et dérivés, éléments du supenseur; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *te*, tissu épiphysaire. G = 320.

L'élément *m* (*fig.* 7 à 12) se segmente par une paroi verticale (*fig.* 14, 15) ou plus ou moins oblique (*fig.* 17, 18); à ces premières parois en succèdent de nouvelles également verticales, transversales ou plus ou moins inclinées (*fig.* 19, 20, 21), qui font apparaître deux couches cellulaires (*fig.* 22, 23, 25, 26, 27) représentant la partie inférieure de l'hypocotyle ou le primordium de la racine ; les cellules intérieures de la couche inférieure (*fig.* 22 à 25), se comportent comme initiales de l'écorce au sommet radiculaire (*iec*).

L'élément *ci* (*fig.* 7, 8) se segmente le plus souvent transversalement pour donner deux cellules superposées *n* et *n'* (*fig.* 11, 14, 15); *n* produit la portion médiane de la coiffe (*fig.* 23, 27), *n'* contribue à la construction du suspenseur. Il est difficile de suivre exactement, dans tous les cas, les processus de division et les destinées précises des éléments dérivés de *ci* étant donnée la forme très aplatie qu'ils partagent avec ceux du suspenseur entre cet organe et le corps embryonnaire proprement dit. Il ne semble pas néanmoins que le blastomère *ci* participe seul à l'édification du primordium de la coiffe.

Il n'a pas paru inutile de reproduire ici le tableau récapitulatif des lois du développement de l'embryon de l'*Anthriscus Cerefolium* pour montrer à quel

point ces lois ressemblent à celles que résume le tableau antérieurement dressé au sujet du *Ligustrum ovalifolium* Hassk. ([5]). Les deux tableaux sont très exactement superposables; on ne peut donner une illustration plus frappante de l'identité des processus embryogéniques dans les deux cas.

Tableau récapitulatif des lois du développement chez l'*Anthriscus Cerefolium* Hoffm.
(Deuxième période : abstraction faite de la cellule basale du proembryon bicellulaire.)

Première génération (*fig.* 3).

Proembryon à deux cellules, disposées en deux étages	*cc*	qui engendre	$pco + pvt + \frac{1}{2} phy$
	cd	»	$\frac{1}{2} phy + icc + iec + co + s$

Deuxième génération (*fig* 7).

Proembryon à quatre cellules disposées en quatre étages	*ce* (ou *l*)	qui engendre	$pco + pvt$
	cf (ou *l'*)	»	$\frac{1}{2} phy$
	m	»	$\frac{1}{2} phy + icc + iec$
	ci	»	$co + s$

Troisième génération (*fig.* 14).

Proembryon à huit cellules disposées en cinq étages	*ce* (ou *l*)	qui engendre	$pco + pvt$
	cf (ou *l'*)	»	$\frac{1}{2} phy$
	m	»	$\frac{1}{2} phy + icc + iec$
	n	»	co
	n'	»	s

Quatrième génération (*fig.* 17, 18).

Proembryon à 14 cellules environ, disposées en cinq ou six étages	*ce* (ou *l*)	Les destinées de ces étages sont celles qui ont été indiquées à la troisième génération
	cf (ou *l'*)	
	m	
	n	
	n' (ou $o + p$)	

Au sujet de l'*Apium inundatum*, j'étais arrivé à de semblables conclusions. Dans les trois espèces, même tétrade première, même tétrade seconde, même proembryon octocellulaire à huit étages, même origine et même disposition des quadrants. Dans les limites des seules Ombellifères, il n'y a pas lieu de séparer l'*Anthriscus* de l'*Apium*; ils font partie du même groupe (le onzième) et de la même famille embryogéniques.

([5]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 328; *Embryogénie* et *Classification*, 4e fasc., 1951, p. 54.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau de l'Académie un Ouvrage intitulé : *The nature of Science and other lectures*, par Edwin Hubble, qui fut Correspondant de l'Académie.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Albert Pérard** est élu Membre du Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique en remplacement de M. *Pierre Jolibois*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les purgations électriques au* XVIII[e] *siècle*, par Jean Torlais.

2° Palais de la Découverte. *Conférences*, Série A, n° 193; Série D, n° 30.

3° Karl Ramsayer. *Beiträge zur Fehlertheorie der Schwerereduktion von Nivellements. — Vergleichverschiedener Schwerereduktionen von Nivellements.*

4° International Union of Geodesy and Geophysics. *Thailand. Report on the geodetic work of the Survey Department for the period* 1939-1954, *presented at the tenth general meeting of the Association of Geodesy*, Rome, september 1954.

ALGÈBRE. — *Sur les idéaux minimaux dans les anneaux commutatifs.*
Note de M. **Jean Guérindon**, présentée par M. René Garnier.

On étudie quelques propriétés de la couverture des idéaux dans les anneaux commutatifs et munis d'un élément unité, par ailleurs quelconques, sauf à la proposition 6. On indiquera notamment ceux des idéaux minimaux d'un anneau qui sont des corps et l'on donnera des conditions d'existence.

Étant donnés deux sous-modules I et J d'un module $\mathcal{M}$ sur l'anneau A (commutatif, avec élément unité) on dira, suivant une terminologie classique ([1]), que J couvre I si l'on a $J \supset I$ et s'il n'y a aucun autre sous-module de $\mathcal{M}$ entre I et J. On écrira $J \succ I$.

Proposition 1. — *Pour que l'on ait* $J \succ I$ *il faut et il suffit que l'on ait pour un* $x \in \mathcal{M}$ *l'égalité* $J = I + Ax$, *le quotient (résiduel ou transporteur)* $I : Ax$ *étant un idéal maximal arbitraire de* A.

([1]) M.-L. Dubreil-Jacotin, L. Lesieur et R. Croisot, *Théorie des treillis*, Paris, 1953, (livre I, chap. 1, 3 et 7).

On est ramené à chercher les x tels que l'on ait $I + Ax \succ I$, c'est-à-dire les x tels que l'on ait $x \in I + Axa$ quel que soit a satisfaisant à $a \in A$ et $xa \notin I$. Cela revient à écrire que $A/(I : Ax)$ est un corps donc que $I : Ax$ est maximal. Ceci s'applique à un anneau A considéré comme module sur lui-même. On a de plus la :

PROPOSITION 2. — *Pour que l'idéal* $I \neq A$ *puisse être couvert par un idéal* J, *il faut et il suffit que pour un idéal maximal* M *de* A *au moins on ait* $I : M \neq I$. *Les idéaux* J *qui couvrent* I *sont alors les* $I + Ax$ *où* x *parcourt les différences* $I : M - I$ *non nulles.*

On appellera « quasi uniforme » un idéal qui peut être couvert. Les idéaux quasi uniformes d'un anneau noéthérien sont ceux dont un idéal premier essentiel est maximal. On a notamment parmi eux les idéaux uniformes (idéaux contenant une puissance d'un idéal maximal).

Lorsque A n'a pas d'élément unité le quotient $(o) : J$ est premier pour tout idéal minimal J [*cf.* ([2])] mais peut ne pas être un idéal maximal. On le voit sur l'anneau à carré nul dont le groupe additif est l'ensemble des classes modulo une des fractions a/p^n dans l'anneau des entiers, p étant un nombre premier fixé.

On sait d'après Sono ([3]) qu'un idéal minimal est soit un corps soit un anneau de carré nul. On a alors la :

PROPOSITION 3. — *Si* J *couvre* I, J/I *est un corps ou un anneau de carré nul selon que* $J^2 \not\subseteq I$ *ou que* $J^2 \subseteq I$, *ou encore selon que* $J \not\subseteq M$ *ou que* $J \subseteq M$, M *étant l'idéal maximal attaché à* I *et* J.

On se ramène au cas où l'on a $I = (o)$ par passage au quotient par I. Si alors on a $J = Ax$ avec $x \in (o) : M$, $J^2 \neq (o)$ entraîne $x \notin M$. Alors pour tout couple $j = ax$ et $j' = a'x \neq o$ on peut déterminer un $j'' = a''x$ tel que l'on ait $j = j'j''$, A/M étant un corps.

PROPOSITION 4. — *Les idéaux minimaux qui sont des corps sont tous les* Ax *où* x *parcourt les quotients* $(o) : M$, M *étant un idéal maximal quelconque satisfaisant à l'une des quatre conditions équivalentes suivantes* : *a*. $[(o) : M]^2 \neq (o)$; *b*. $(o) : M \not\subseteq L$; *c*. $(o) : M \not\subseteq M$; *d*. $(o) : M \neq (o)$ et $(o) : M \cap M = (o)$, L *désignant le radical de* A, *intersection des idéaux maximaux.*

L'équivalence des quatre conditions résulte du fait que L contient tous les éléments nilpotents de A. On applique alors la proposition 3.

PROPOSITION 5. — *Si un idéal maximal satisfait aux conditions de la proposition* 4, $(o) : M$ *est un idéal minimal et c' est un corps.*

Si on désigne par e l'élément unité d'un corps donné par la proposition 4, on a $e = e^2$ donc $1 - e \in (o) : Ae = M$. Pour un autre corps d'élément unité e',

([2]) S. MORI, *J. Sc. Hiroshima*, 1930, p. 77.
([3]) M. SONO, *Mem. Coll. Sc. Tokyo*, 1916 à 1919.

encore relatif à M, on aurait $1-e' \in M$, donc $e(e-e')=0$ donc $e=ee'$ et enfin $e=e'$. Des exemples simples montrent qu'il n'y a rien d'analogue dans le cas des idéaux de carrés nuls.

En dehors de la proposition 2 on a la condition suffisante suivante pour qu'un idéal J donné couvre un idéal : *un idéal à base finie couvre au moins un idéal* (appliquer le lemme de Zorn à la famille des idéaux strictement contenus dans J). Par ailleurs si un idéal J est tel que toute chaîne d'idéaux contenus dans J soit finie, il possède une base finie [on a alors une chaîne $J \succ J_1 \succ \ldots \succ J_p \succ (0)$ et l'on applique $p+1$ fois la proposition 2].

Dans le cas des anneaux d'Artin on a la précision suivante :

PROPOSITION 6. — *Les idéaux minimaux d'un anneau d'Artin qui sont des corps sont les éventuels quotients* (0) : M, *où* M *désigne un idéal maximal, composant primaire de* (0). *L'idéal* (0) : M *est alors l'intersection des composantes primaires de* (0) *qui diffèrent de* M.

Ceci permet de retrouver qu'*un anneau d'Artin est semi-simple si et seulement si ses idéaux minimaux sont tous des corps*. Les unités de ces corps sont alors des « idempotents orthogonaux ».

PROPOSITION 7. — *Pour qu'en un anneau commutatif* A, *avec élément unité, tout idéal non nul contienne un idéal minimal, il faut et il suffit que pour tout* $u \neq 0$ *l'idéal* (0) : Au *soit quasi uniforme*.

On écrit la condition (qui revient à dire que le treillis des idéaux est atomique) pour les idéaux principaux Au : cela revient, d'après la proposition 2, à écrire que l'on a pour un idéal maximal convenable M : [(0) : Au] : M $\neq$ (0) : Au [4].

ALGÈBRE. — *Condition suffisante pour que tous les zéros finis de la dérivée du rapport de deux polynomes d'Hurwitz soient à partie réelle négative ; applications aux matrices* H. Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

Soit la fonction rationnelle $f(x)/g(x)$, $f(x)$ et $g(x)$ étant deux polynomes d'Hurwitz à coefficients réels, de degrés respectifs n et m ; nous supposerons $n>m$ ce qui ne nuit pas à la généralité de l'exposé. D'après M. Walsh [1], on sait que si tous les zéros de $f(x)$ sont dans un domaine circulaire (K_1) et tous ceux de $g(x)$ dans un domaine circulaire (K_2), les zéros finis de la dérivée de la fonction $f(x)/g(x)$ sont dans le domaine formé par la réunion de (K_1) et (K_2)

---

[4] Les démonstrations seront publiées ultérieurement.

[1] *Trans. Amer. Math. Soc.*, 19, 1918, p. 291 ; 22, 1921, p. 101 ; 23, 1921, p. 87.

et du domaine circulaire (K), lieu du point

$$z = \frac{n\beta - m\alpha}{n - m}$$

lorsque α décrit (K_1) et β décrit (K_2).

Si les polynomes $f(x)$ et $g(x)$ sont du type d'Hurwitz, tous leurs zéros sont à partie réelle négative; il est donc possible de trouver deux cercles (K_1) et (K_2) centrés sur l'axe réel, contenant respectivement les zéros de ces derniers et situés à gauche de l'axe imaginaire; soient

$$(K_1) \qquad (x + x_1)^2 + y^2 - R_1^2 = 0,$$
$$(K_2) \qquad (x + x_2)^2 + y^2 - R_2^2 = 0,$$

les équations de ces cercles avec

$$x_1 > R_1 > 0, \qquad x_2 > R_2 > 0.$$

Dans ces conditions, le domaine (K) est limité par le cercle d'équation

$$(K) \qquad \left[x + \frac{1}{n - m}(nx_2 - mx_1)\right]^2 + y^2 = \frac{1}{n - m}[nR_2 + mR_1]^2.$$

La dérivée envisagée aura donc tous ses zéros à partie réelle négative si le cercle (K) se trouve tout entier à gauche de l'axe imaginaire; ceci exige

$$(1) \qquad \frac{n}{m} > \frac{x_1 + R_1}{x_1 - R_2}.$$

En définitive, nous pouvons énoncer la condition suffisante : la dérivée de la fonction rationnelle $f(x)/g(x)$ où $f(x)$ et $g(x)$ sont deux polynomes d'Hurwitz à coefficients réels, aura tous ses zéros finis dans le demi-plan de gauche s'il est possible de trouver deux cercles (K_1) et (K_2) situés tout entier dans ce demi-plan, de centres et de rayons respectifs $(-x_1, 0)$, $(-x_2, 0)$ et R_1, R_2, contenant, l'un tous les zéros de $f(x)$, l'autre tous ceux de $g(x)$ et tels que la relation (1) soit satisfaite.

Si nous considérons dès lors deux matrices H, carrées, $A = (a_{ij})$, d'ordre n et $B = (b_{kl})$ d'ordre $m (n > m)$ définies négatives, c'est-à-dire telles que

$$a_{ii} < 0, \qquad |a_{ii}| > \sum_{j \neq i} |a_{ij}| \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n),$$
$$b_{kk} < 0, \qquad |b_{kk}| > \sum_{k \neq l} |b_{kl}| \qquad (k, l = 1, 4, \ldots, m);$$

il apparaît, en s'appuyant sur des résultats classiques ([2]), que la dérivée du

([2]) *Voir*, par exemple, M. Parodi, *Mémor. Sc. Math.*, fasc. 118, Gauthier-Villars, Paris, 1952.

rapport des polynomes caractéristiques de ces deux matrices aura tous ses zéros finis dans le demi-plan de gauche, si l'on a

$$\frac{n}{m} > \frac{\operatorname{Max} \sum_{i=1}^{n} |a_{ij}|}{\operatorname{Min}\left[|b_{kk}| - \sum_{l \neq k} |b_{kl}| \right]} \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n;\ k, l = 1, 4, \ldots, m).$$

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Quelques détails mathématiques sur le théorème de Gumbel* [1] *appliqué aux événements rares.* Note [*] de M. **Christoffel Levert**, transmise par M. Maurice Fréchet.

1. Résumons d'abord quelques formules, développées ailleurs.

La probabilité K pour qu'un événement se répète après $\overline{T} : s$ et avant $\overline{T} . s$ années est

$$(1) \qquad K = \left(1 - \frac{1}{\overline{T}}\right)^{\overline{T}:s} - \left(1 - \frac{1}{\overline{T}}\right)^{\overline{T}.s} \approx e^{-\frac{1}{s}} - e^{-s} \quad [2],$$

supposant que la durée de retour moyenne $\overline{T}$ est grande (par exemple $\geqq 20$).

La durée de retour moyenne $\overline{T}$ d'une plus grande valeur réduite y est

$$(2) \qquad \overline{T}(y) = 1 - [1 - \exp(-e^{-y})];$$

$\overline{T}$ est très grande ($\geqq 20$) si $y \geqq 3$. Il faut signaler que T a deux significations distinctes : *a*. la durée de retour d'un événement défini (par exemple : un jour où la précipitation égale ou excède une quantité donnée); *b*. la durée de retour d'une plus grande valeur; c'est-à-dire : la durée de retour d'une année — ou d'une période d'une autre longueur — dans laquelle la plus grande quantité de précipitation quotidienne égale ou excède une valeur donnée.

Gumbel [1] a appelé l'attention sur la relation

$$(3) \qquad \overline{T}(y \pm \Delta) = \overline{T}(y)\, e^{\pm\Delta} + \frac{1}{2}(1 - e^{\pm\Delta})$$

mais il n'a pas précisé que cette relation n'est valable que pour $0 < \Delta \leqq y - 3$. Ce fait a des conséquences importantes.

La probabilité P pour qu'une année contienne une plus grande valeur réduite dans l'intervalle $y - \Delta$ à $y + \Delta$ est donnée par

$$(4) \qquad P = \exp[-e^{-(y+\Delta)}] - \exp[-e^{-(y-\Delta)}]$$

(*) Séance du 5 juillet 1954.

(1) *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 1598.

(2) Gumbel, *The statistical forecast of floods*, Ohio Water Resources Board, 1948, p. 13; C. Levert, *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 374.

Voir le graphique 1 (par exemple : l'aire hachurée pour $y=2$; $\Delta=1/2$; $P=0,12$).

2. Chaque valeur de y définit une courbe $f(\Delta, P)=0$. Quoique la valeur $y=0$ corresponde à la valeur la plus probable de la plus grande valeur (et cette valeur est certainement très importante) il ne suffit pas de considérer seulement les valeurs de P pour $y=0$, mais il faut les considérer aussi pour d'autres valeurs de y, particulièrement pour des valeurs $\geqq 3$. *Voir* le graphique 2.

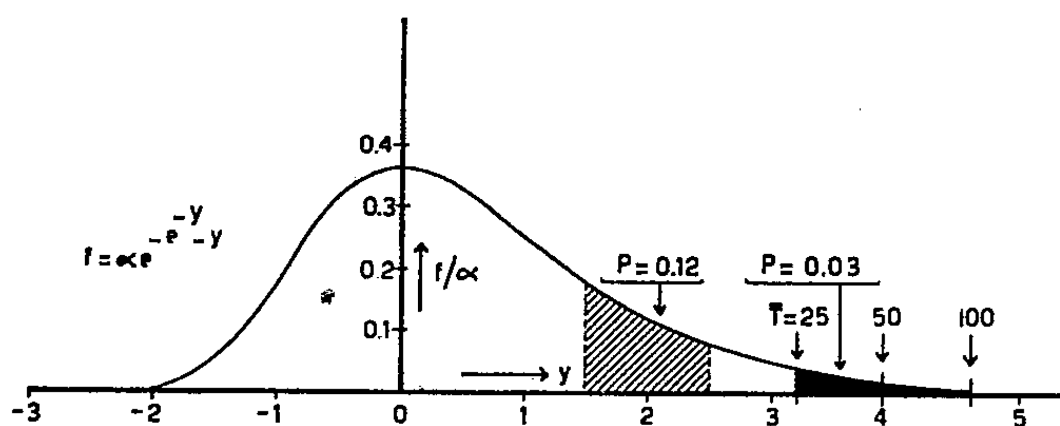


Fig. 1.

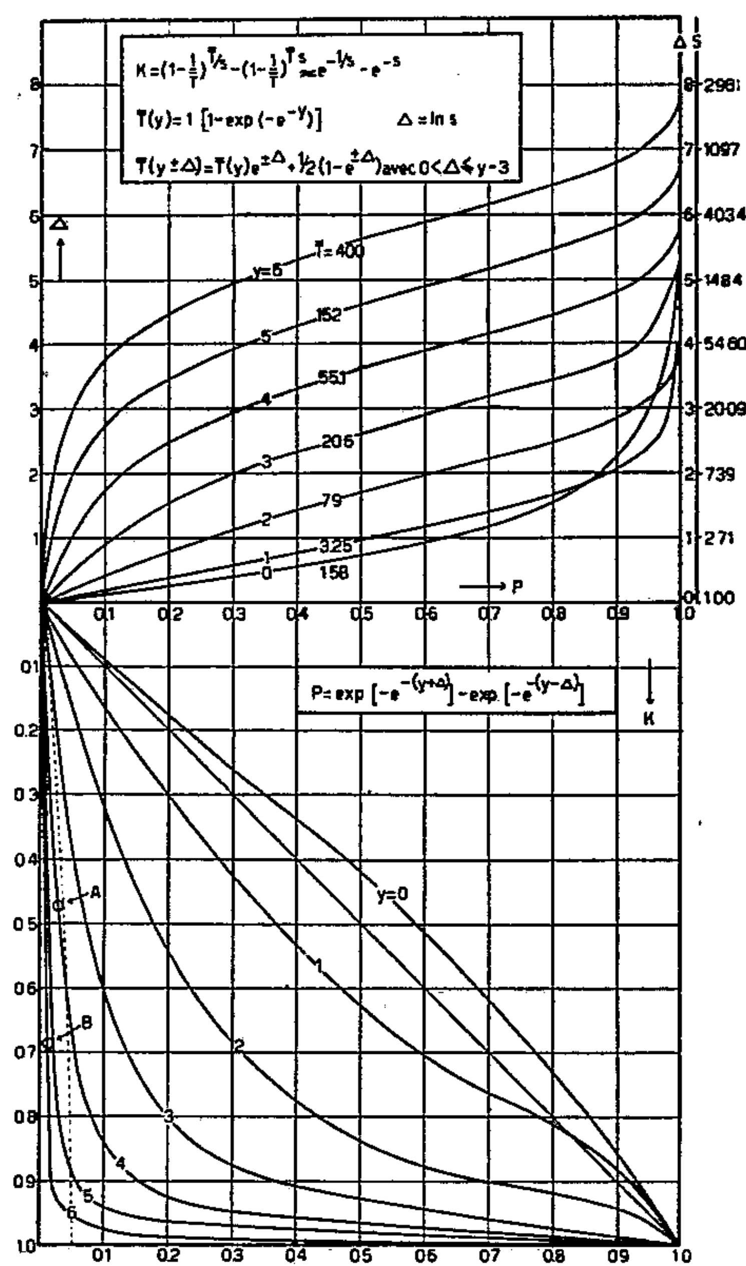


Fig. 2 et 3.

Évidemment il y a une relation entre les valeurs de P et K pour chaque valeur de y (ou $\overline{T}$, *voir* 2) par l'intermédiaire de $\Delta=\ln s$. Deux valeurs données de K et $\overline{T}$ (ou y) déterminent une s et $\Delta=\ln s$. Ensuite on peut calculer P. *Voir* le graphique 3. En conséquence de la condition (3) ce n'est qu'une très petite partie de la figure (à gauche de la courbe rayée) qui est d'importance. Cette courbe est définie de la manière suivante :

$$K=K_0 \to s_0 \to \Delta_0 \to P_0=\exp[-e^{-(3+2\Delta_0)}]-\exp[-e^{-3}].$$

Par exemple : si $K=0,50$ on a $s=2,10$, pourvu que $\overline{T}$ soit grande. Donc $\Delta=\ln s=0,741$; $\overline{T}$ est supposée si grande que $y\geqq 3+\Delta=3,74$. Par conséquent nous calculons P pour $y=3,74$ (c'est $\overline{T}=42$) et $\Delta=0,74$; ainsi $P=0,038$.

Voici la conclusion : pour des valeurs P et K, qui sont reliées par interposition du « théorème de Gumbel » (¹) on a $P < K$; K sera toujours beaucoup plus grande que P.

3. *Deux applications numériques.* — 1° Prenons $\overline{T} = 50$; ainsi $y = 3,90$. Choisissons pour s une valeur convenable, c'est-à-dire il faut que

$$0 < \Delta = \ln s \leq y - 3,0;$$

par exemple $s = 2,00$ (et $\Delta = 0,69$). Par conséquent la probabilité pour que la durée de retour (ou d'absence) soit contenue dans l'intervalle $\overline{T} : s = 25$ $\overline{T}.s = 100$ est $K = 0,47$; par suite $y - \Delta = 3,21$ et $y + \Delta = 4,59$ et $P = 0,030$. *Voir* le point A dans la figure 3 et l'aire noire dans le graphique 1.

2° Prenons $\overline{T} = 200$ [*voir* la Note de Gumbel (¹)], donc $y = 5,30$. Choisissons $K = 0,683$; cette valeur correspond à l'intervalle formé par l'addition et la soustraction de l'écart type à la valeur moyenne dans la distribution normale.

Or, $s = 3,13$ et la durée de retour (ou d'absence) aura une longueur entre 64 et 625 années. On a $\Delta = \ln s = 1,14$ et la probabilité pour une plus grande valeur réduite d'être contenue dans l'intervalle $y \pm \Delta$ (c'est-à-dire 4,16 à 6,44), devient $P = 0,014$ (*voir* le point B).

HYDRAULIQUE. — *Similitude hydrodynamique d'écoulements liquides soumis à des actions électromagnétiques.* Note (*) de M. **Étienne Crausse**, transmise par M. Charles Camichel.

On établit que les caractéristiques hydrodynamiques de l'écoulement en charge d'un liquide conducteur soumis à des actions électromagnétiques d'origine extérieure dépendent du nombre de Reynolds et d'un paramètre hydroélectromagnétodynamique.

Une Note précédente (¹) a donné quelques résultats expérimentaux sur l'écoulement d'un liquide, électriquement conducteur, soumis à l'action simultanée d'un courant électrique et d'un champ magnétique, tous deux d'origine extérieure. Elle a montré que la superposition des forces électromagnétiques ainsi créées et des forces hydrodynamiques usuelles peut modifier l'allure de l'écoulement.

Considérons un tel écoulement s'effectuant en charge dans un ouvrage donné, et posons qu'en tout point du liquide les caractéristiques hydrodynamiques de l'écoulement ne dépendent que des dimensions linéaires de l'ouvrage, de la masse volumique ρ et de la viscosité dynamique μ du liquide, et enfin de la

(*) Séance du 5 juillet 1954.

(¹) E. Crausse et P. Cachon, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2488.

vitesse v, de l'induction magnétique B et de la densité de courant j au point considéré.

Dans ces hypothèses, la longueur l d'un élément linéaire hydraulique (²) de l'écoulement peut s'écrire

$$l = \Sigma \mathrm{A} \mathrm{D}^x v^y \rho^z \mu^t \mathrm{B}^u j^w,$$

D étant une dimension linéaire caractéristique de l'ouvrage, A un coefficient numérique sans dimensions.

Par les procédés classiques de l'analyse dimensionnelle, utilisés ici en faisant appel à quatre unités fondamentales (par exemple : longueur, masse, temps, perméabilité magnétique), on obtient aisément la valeur des exposants :

$$x = 1 - t + u, \qquad y = -t - 2u, \qquad z = -t - u, \qquad w = u,$$

ce qui donne

$$l = \mathrm{D}\Sigma\left[\mathrm{A}\left(\frac{\mu}{\rho v \mathrm{D}}\right)^t \left(\frac{\mathrm{DB}j}{\rho v^2}\right)^u\right]$$

Posant

$$\mathrm{E}_m = \frac{\rho v^2}{\mathrm{DB}j},$$

il vient en définitive

$$l = \mathrm{D} f(\mathrm{R}_e, \mathrm{E}_m),$$

expression montrant que le phénomène considéré ne dépend que du nombre de Reynolds R_e et d'un autre paramètre adimensionnel E_m, défini ci-dessus.

Un calcul analogue donnerait, à propos des durées τ observables dans l'écoulement, l'expression

$$\frac{\mathrm{D}}{v\tau} = \varphi(\mathrm{R}_e, \mathrm{E}_m),$$

dans laquelle le premier membre n'est autre que le paramètre sans dimensions déjà obtenu par d'autres auteurs (³) à propos de l'étude de la période τ des tourbillons alternés à l'aval d'un obstacle (parfois appelé « nombre de Strouhal »).

On notera que, dans l'expression de E_m, figure le rapport $\mathrm{B}j/\rho$ de la force électromagnétique volumique à la masse volumique du liquide. Ceci peut être rapproché de considérations analogues que l'on peut faire à propos des paramètres usuels de la mécanique des fluides, dans chacun desquels intervient le rapport, à la masse volumique du fluide, d'une constante physique de celui-ci.

Le paramètre hydroélectromagnétodynamique E_m traduit, en somme, le rapport des forces d'inertie aux forces électromagnétiques. Il paraît donc logique de s'attendre à ce qu'aux fortes valeurs de E_m l'action de turbulence tende à l'emporter sur l'effet électromagnétique.

(²) C. Camichel et L. Escande, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1555.

(³) P. Dupin et M. Teissié-Solier, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1017.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur les racines d'une équation de la théorie des solutions périodiques de la troisième sorte.* Note (*) de M. **Jean Gremillard**, présentée par M. Jean Chazy.

On étudie une proposition énoncée par von Zeipel concernant la valeur initiale des longitudes moyennes qui correspondent à des solutions périodiques de la troisième sorte du problème des trois corps; la démonstration donnée ci-dessous précise et complète celle de von Zeipel.

1. Les solutions périodiques de la troisième sorte mises en évidence par Poincaré [1] ont été étudiées par von Zeipel [2], mais le problème n'est pas épuisé et dans le Mémoire de von Zeipel certains points demandent à être précisés et complétés. Nous avons porté notre attention sur la résolution par rapport à la variable $\bar{\lambda}$ de l'équation

$$\frac{\partial R_0}{\partial \bar{\lambda}} = 0, \tag{1}$$

où R_0 est la partie de la valeur moyenne de la fonction perturbatrice qui est indépendante des excentricités. Le résultat de von Zeipel est le suivant : L'équation (1) n'a pas d'autres solutions que celles qui sont données par les expressions

$$\begin{cases} \bar{\lambda} = r\frac{\pi}{2} \quad (\text{si } p-q \text{ est impair}); \qquad \bar{\lambda} = r\pi \quad (\text{si } p-q \text{ est pair}) \\ \qquad (r = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \ldots), \end{cases} \tag{2}$$

p et q étant deux entiers positifs premiers entre eux dont la signification a été donnée dans deux Notes précédentes [3]. Nous nous proposons de mettre en évidence les considérations simples qui permettent d'établir ce résultat.

2. La considération du développement de l'expression

$$\begin{aligned} D^{-1} &= [1+\alpha^2 - 2\alpha(\mu\cos x + \nu\cos y)]^{-\frac{1}{2}} \\ &= b_{0,0} + 2\sum_{i=1}^{\infty}\cos ix + 2\sum_{j=1}^{\infty}\cos jy + 4\sum_{i=1}^{\infty}\sum_{j=1}^{\infty}\cos ix\cos jy, \end{aligned} \tag{3}$$

où $x = \lambda' - \lambda$, $y = \lambda' + \lambda$, λ et λ' désignant les longitudes moyennes des deux planètes, fournit, après dérivation par rapport à $\bar{\lambda}$, les expressions suivantes de

(*) Séance du 5 juillet 1954.

(1) *Les méthodes nouvelles de la Mécanique céleste*, 1, 1892, p. 144.

(2) Von Zeipel, *Société royale des Sciences d'Upsala*, 1904.

(3) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2339 et 236, 1953, p. 49.

l'équation (1) :

$$(4)\qquad \frac{\partial R_0}{\partial\bar\lambda} = -4\sum_{s=1}^{\infty} b_{s(p+q),\, s(p-q)}\, s \sin 2s\bar\lambda = 0;$$

$$(5)\qquad \frac{\partial R_0}{\partial\bar\lambda} = -2\sum_{s=1}^{\infty} b_{s\left(\frac{p+q}{2}\right),\, s\left(\frac{p-q}{2}\right)}\, s \sin s\bar\lambda = 0;$$

suivant que $p-q$ est impair ou pair, $\bar\lambda$ étant défini par la relation $\bar\lambda = p\lambda'_0 - q\lambda_0$, et s prenant les valeurs entières successives 1, 2, 3, ... Les équations (4) et (5) admettent pour racines les valeurs de $\bar\lambda$ données par les expressions (2), *et celles-là seulement.*

3. *Pour démontrer cette proposition, on peut mettre chacune des équations* (4) *et* (5) *sous forme d'un produit de deux facteurs dont l'un admet les expressions* (2) *pour racines et dont l'autre ne peut pas s'annuler.* Considérons par exemple l'équation (4); on peut l'écrire

$$(6)\qquad 4\sin 2\bar\lambda \sum_{s=1}^{\infty} b_{s(p+q),\, s(p-q)} \frac{s \sin 2s\bar\lambda}{\sin 2\bar\lambda} = 0.$$

et si l'on réussit à démontrer que l'expression qui rentre dans le signe de sommation ne peut pas s'annuler quel que soit $\bar\lambda$, la proposition en vue sera établie. En reprenant les calculs de von Zeipel, on montre que cette expression peut s'écrire à un facteur constant près

$$(7)\qquad \int_0^{\pi}\int_0^{\pi} D^{-1} U\, dx\, dy, \qquad \text{avec}\quad U = \frac{1}{\sin 2\bar\lambda}\sum_{s=1}^{\infty} s\Phi^s \sin 2s\bar\lambda + \sum_{s=1}^{\infty} s\Phi^s \delta_s \frac{\sin 2s\bar\lambda}{\sin 2\bar\lambda},$$

et où l'on a posé

$$\Phi = \left[\frac{2p}{p+q}\alpha\mu\, D^{-2}\sin^2 x\right]^{p-q}\left[\frac{2p}{p-q}\alpha\nu\, D^{-2}\sin^2 y\right]^{p-q},$$

δ_s, par ailleurs, étant une quantité dont on sait qu'elle vérifie l'inégalité

$$|\delta_s| < \frac{1}{s}\delta, \qquad \text{avec}\quad \delta = e^m - 1 \quad \text{et} \quad m = \frac{1}{12}\left(\frac{1}{p+q} + \frac{1}{p-q} + \frac{1}{4p}\right).$$

L'intégrale double (7) ne s'annulera pas si $D^{-1}U$ garde un signe constant, et en particulier dans le cas présent si U garde un signe constant.

4. On est donc amené à étudier le signe de la fonction U. On établit facilement, *pourvu que* Φ, *qui est essentiellement positif, soit inférieur à* 1, les deux doubles inégalités

$$(8)\qquad \frac{\Phi(1-\Phi^2)}{(1+\Phi)^4} \leq \frac{1}{\sin 2\bar\lambda}\sum_{s=1}^{\infty} s\Phi^s \sin 2s\bar\lambda \leq \frac{\Phi(1-\Phi^2)}{(1-\Phi)^4};$$

$$(9)\qquad \frac{-\delta\Phi}{(1-\Phi)^2} < \sum_{s=1}^{\infty} s\Phi^s \delta_s \frac{\sin 2s\bar\lambda}{\sin 2\bar\lambda} < \frac{\delta\Phi}{(1-\Phi)^2};$$

il résulte des inégalités (8) et (9) que la fonction U satisfait à l'inégalité

$$U > \frac{\Phi}{(1-\Phi)^2}\left[\left(\frac{1-\Phi}{1+\Phi}\right)^3 \delta\right], \tag{10}$$

et, si l'on peut montrer que le crochet de l'inégalité (10) est toujours positif, la proposition que nous voulons démontrer sera établie. Or, si ce crochet est positif quand son premier terme est minimum et son deuxième terme maximum, (10) sera *a fortiori* vérifiée. *Ceci conduit à rechercher la limite supérieure de* Φ (*donc permet de vérifier si la condition* $\Phi < 1$ *est satisfaite*) *et la valeur maxima de* δ. En faisant $p=2$ et $q=1$ dans l'expression de δ, on trouve $\delta_{max}=e^{35/288}-1=0,12923$. La recherche de la limite supérieure de Φ comporte deux parties : on doit chercher d'abord le maximum de Φ quand p et q sont donnés, et ensuite le maximum absolu de Φ quels que soient p et q. On trouve finalement que la limite supérieure de Φ est $e^{-4/3}$. Portant ces valeurs extrêmes de Φ et δ dans le crochet de l'inégalité (10), on trouve

$$U > \frac{\Phi}{(1-\Phi)^2} \times 0,06870; \tag{11}$$

U reste donc toujours positif et la propriété énoncée au début de cette Note est établie. Un raisonnement identique se fait à partir de l'équation (5). Les fonctions U et Φ, ainsi que δ, ne sont évidemment pas les mêmes.

MAGNÉTISME. — *Étude thermomagnétique des ferrites de dysprosium et d'erbium.* Note (*) de MM. **Georges Guiot-Guillain**, **René Pauthenet** et **Hubert Forestier**, transmise par M. Louis Néel.

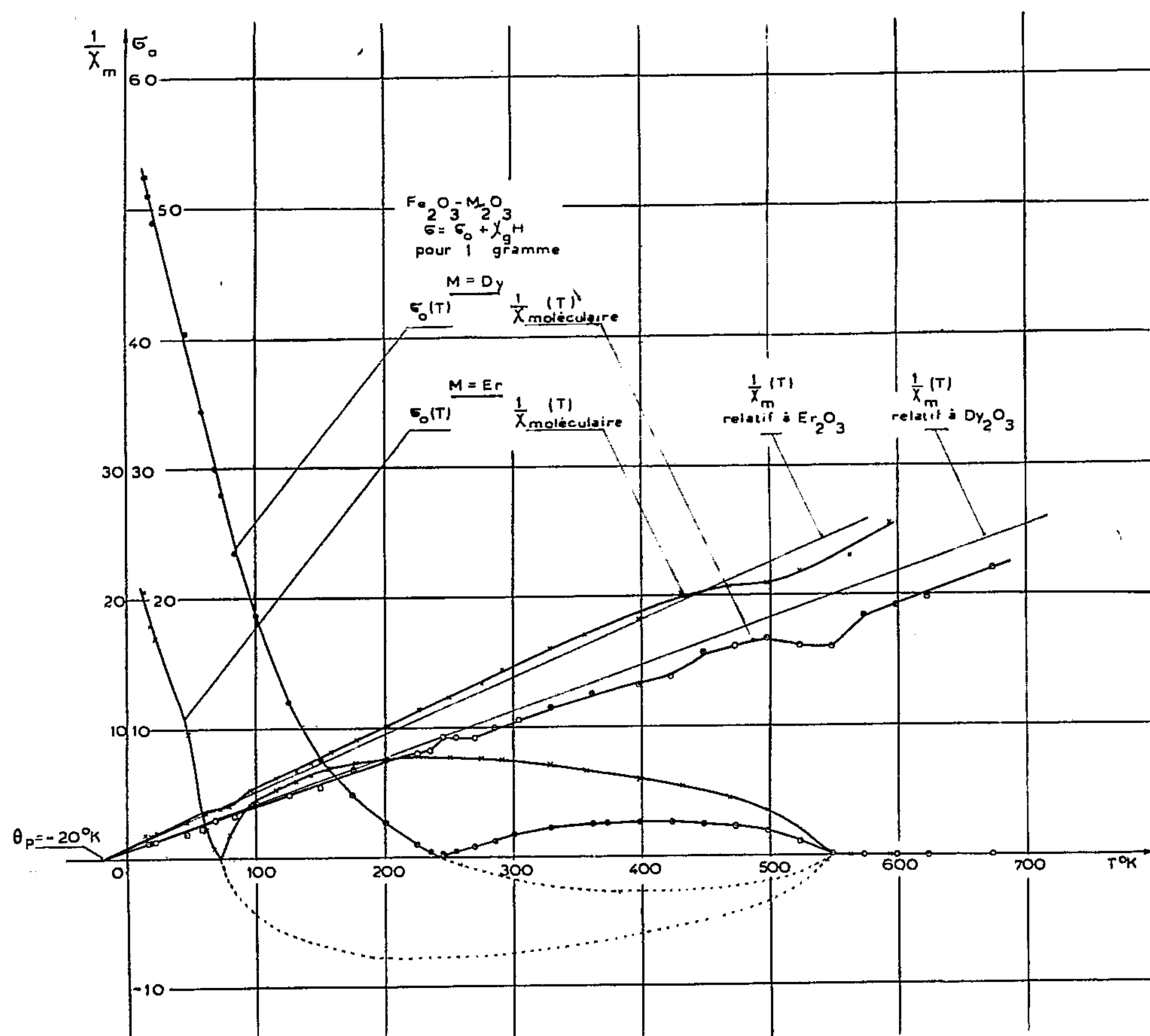
L'étude thermique précise des propriétés magnétiques des ferrites de dysprosium et d'erbium confirme les résultats antérieurs obtenus avec le ferrite de gadolinium et met en évidence d'une manière indiscutable l'existence d'une température de compensation, à laquelle l'aimantation spontanée change de signe.

Les ferrites de dysprosium et d'erbium font partie de la nouvelle série de ferrites découverts récemment et étudiés par H. Forestier et G. Guiot-Guillain ([1]). Ces auteurs ont mis en évidence des propriétés permettant de rapprocher ces deux ferrites, ainsi que le ferrite d'europium, du ferrite de gadolinium qu'ils avaient déjà étudié, par la même méthode d'analyse thermomagnétique; ils ont de plus découvert qu'une aimantation rémanente, préalablement communiquée au ferrite de dysprosium, à la température de l'oxygène liquide, changeait spontanément de signe par simple réchauffement à la tempé-

(*) Séance du 5 juillet 1954.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1844; **232**, 1951, p. 1832; **235**, 1952, p. 48; **237**, 1953, p. 1554.

rature ordinaire. D'autre part, R. Pauthenet et P. Blum ont étudié (²) par la méthode d'extraction axiale les propriétés magnétiques d'un ferrite de gadolinium préparé d'une manière indépendante : les résultats antérieurs ont été confirmés et précisés. Nous avons estimé intéressant de reprendre l'étude de $Fe_2O_3.Dy_2O_3$ et $Fe_2O_3.Er_2O_3$ dans les mêmes conditions, de 14°K jusqu'à 700°K et dans des champs magnétiques susceptibles d'atteindre 20 000 Oe.



Comme dans le cas de $Fe_2O_3.Gd_2O_3$, l'aimantation est une fonction du champ qui s'exprime en première approximation par une relation de la forme

$$\sigma = \sigma_0 + \chi H,$$

valable au-dessus de 6 000 Oe. Nous avons représenté en fonction de la température, sur la figure ci-dessus, les variations de l'aimantation spontanée spéci-

(²) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 33.

fique σ_0 et de l'inverse de la susceptibilité χ_M rapportée à la molécule-gramme, pour les deux ferrites.

Le point de Curie des deux ferrites est situé à 545° K en un point qui correspond au point θ_1 du ferrite de gadolinium. Pour Dy, les courbes tracées à champ constant laissent soupçonner un second point de Curie θ_2 au voisinage de 680° K, mais pour Er ce point θ_2 n'existe pas.

Les courbes montrent à 246° K pour Dy et à 70° K pour Er l'existence d'une température de compensation θ_3 pour laquelle σ_0 s'annule. La forme des courbes suggère que l'aimantation spontanée change de signe à cette température. Pour vérifier si cette interprétation était exacte, nous avons communiqué au ferrite une certaine aimantation rémanente à la température de l'air liquide ou de l'hydrogène liquide et nous l'avons laissé se réchauffer dans un champ nul jusqu'à la température ambiante. Nous avons constaté que cette aimantation rémanente changeait spontanément de sens à 252° K pour $Fe_2O_3.Dy_2O_3$ et à 71° K pour $Fe_2O_3.Er_2O_3$, en complet accord avec les résultats de l'étude de l'aimantation spontanée et avec la théorie de L. Néel ([3]).

La susceptibilité χ_M est assez bien représentée dans la région des basses températures par une loi de Weiss avec un point de Curie paramagnétique à — 20° K, correspondant au point θ_5 du ferrite de gadolinium et une constante de Curie sensiblement égale à celle des ions Dy^{+++} ou des ions Er^{+++} présents : la droite de Weiss correspondant au même point de Curie et à la constante de Curie théorique a été représentée en traits fins sur la figure. Vers les hautes températures, la courbe passe au-dessous de la droite de Weiss et met ainsi en évidence l'existence d'un terme correctif positif. Comme dans le cas du ferrite de gadolinium, la courbe de susceptibilité présente des anomalies aux points θ_3 et θ_1.

Il existe donc des analogies très étroites entre les propriétés magnétiques des ferrites de gadolinium, de dysprosium et d'erbium. L'interprétation proposée par L. Néel ([3]) pour $Fe_2O_3.Gd_2O_3$ paraît rendre compte convenablement des propriétés des deux autres ferrites. La seule différence serait que la courbe $\sigma_A(T)$ de l'aimantation spontanée des ions Fe, supposés non couplés avec les ions des terres rares, serait du type P ou Q, plutôt que du type N, le point θ_2 ayant disparu.

ÉLECTRODYNAMIQUE. — *Quelques conséquences de la théorie de l'action à distance en électrodynamique classique.* Note de MM. **Paul Braffort**, **Maurice Spighel** et **Christophe Tzara**, présentée par M. Francis Perrin.

On calcule l'énergie prise par une charge libre et par un oscillateur harmonique dans le cadre de la théorie de l'absorbeur.

([3]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 8.

Jusqu'aux publications ([1]) et ([2]), la force de résistance de rayonnement était introduite par divers raisonnements ([3]), ([4]), ([5]). Wheeler et Feynman ont repris la théorie de l'action à distance ([6]), ([7]) avec les postulats suivants : *a.* une charge isolée ne rayonne pas ; *b.* le champ qui agit sur une charge n'est engendré que par d'autres charges ; *c.* ce champ est calculé à partir de la demi-somme de la solution avancée et de la solution retardée de l'équation aux potentiels.

Si la charge étudiée est plongée dans un système de charges complètement absorbant, l'absorbeur, l'équation relativiste de son mouvement est :

$$(1)\qquad m\ddot{x}_i = e\sum_k \mathrm{F}^k_{ij}\,\mathrm{ret.}\frac{dx^j}{ds} + \frac{2e^2}{3}\left[\frac{dx_i}{ds}\frac{d^3x_j}{ds} - \frac{d^3x_i}{ds}\frac{dx_j}{ds}\right]\frac{dx^j}{ds}$$

l'indice k sert à distinguer les charges de l'absorbeur. Le deuxième terme du second membre se réduit à la forme $(2e^2/3c^3)\,\dot{\gamma}$ pour les faibles vitesses. Le premier terme du deuxième membre — Wheeler et Feynman disent qu'il n'a aucun effet particulier sur le mouvement — est le champ de l'absorbeur au point considéré. Sans restriction de généralité, on peut admettre que la partie statique est nulle ; le champ de l'absorbeur est alors nul en moyenne. Comme il est engendré par le mouvement désordonné des charges de l'absorbeur, nous nous servirons, pour le représenter, de fonctions aléatoires stationnaires de moyenne nulle ([8]). La liaison entre résistance de rayonnement et champ fluctuant est une liaison nécessaire.

Charge électrique libre dans le vide. — En électrodynamique classique, des difficultés se présentent lorsqu'on calcule l'énergie d'une charge en interaction avec son champ propre.

Dans la théorie de l'action à distance, celle-ci est nulle, mais la charge interagit avec le champ de l'absorbeur. Pour calculer l'énergie d'interaction, il faudrait modifier l'hamiltonien :

$$\left[c^2\left(\vec{p} - \frac{e}{c}\vec{\mathrm{A}}\right)^2 + m^2c^4\right]^{\frac{1}{2}}$$

et utiliser l'équation (1). Nous nous limiterons ici à l'approximation non rela-

([1]) J. A. WHEELER et R. P. FEYNMAN, *Rev. Mod. Phys.*, **17**, 1945, p. 156.

([2]) *Ibid.*, **21**, 1949, p. 425.

([3]) LORENTZ, *Theory of electrons*, Leipzig, 1916.

([4]) LANDAU et LIFSCHITZ, *Classical theory of fields. Moscow. Leningrad* 1941.

([5]) P. A. M. DIRAC, *Proc. Roy. Soc.* A **167**, 1938, p. 148.

([6]) K. SCHWARSCHILD, *Göttinger Nachrichten*, **128**, 1903, p. 132.

([7]) P. TETRODE, *Zeits. f. Phys.*, **10**, 1922, p. 317.

([8]) WHEELER et FEYNMAN avaient d'ailleurs fait remarquer dans ([1]) que l'irréversibilité caractéristique de la perte d'énergie par rayonnement ne peut provenir que du désordre statistique dans l'absorbeur.

tiviste. La force $(2e^2/3c^3)\dot{\gamma}$ de résistance de rayonnement pouvant être déduite du développement du Lagrangien en puissance de v/c, pour les faibles vitesses, on pourra conserver comme énergie d'interaction, la quantité $(e/c)\vec{v}.\vec{A}$.

Nous allons maintenant calculer sa moyenne $\overline{(e/c)\vec{v}.\vec{A}}$.

Les coordonnées de la particule et le potentiel aléatoires satisfont à l'équation

$$(2)\qquad m\dot{v} - \rho\ddot{v} = -(e/c)\dot{A}, \qquad \text{où} \quad \rho = \frac{2e^2}{3c^3}.$$

Soient $\mathcal{A}(\tau)$, $\mathcal{E}(\tau) = -(1/c^2)\ddot{\mathcal{A}}(\tau)$, $\mathcal{M}(\tau)$ les fonctions d'autocorrélations de A, E et de corrélation de v et A; $a(\omega)$, $e(\omega)$, $\mu(\omega)$ leurs transformées de Fourier. $\overline{w} = (e/c)\overline{v.A}$ n'est autre que $e/c\int_0^\infty |\mu(\omega)|\,d\omega$. Le spectre de densité d'énergie électromagnétique $E^2/\mu M$ est

$$K(\omega) = \frac{1}{4\pi}e(\omega) = -\frac{1}{4\pi}\frac{\omega^2}{c^2}a(\omega).$$

Multiplions (2) par $A(t+\tau)$, prenons la moyenne sur un intervalle de temps infini, puis la transformée de Fourier; il vient

$$mi\omega\mu(\omega) + \rho\omega^2\mu(\omega) = -\frac{e}{c}i\omega a(\omega) \qquad \text{d'où} \qquad \mu(\omega) = \frac{e}{c}\frac{a(\omega)}{\sqrt{m^2+\rho^2\omega^2}}.$$

L'énergie moyenne de la charge dans le vide est donc

$$(3)\qquad \overline{W} = \frac{4\pi e^2}{m}\int_0^\infty \frac{K(\omega)}{\omega^2\sqrt{1+\frac{\rho^2}{m^2}\omega^2}}\,d\omega.$$

La théorie de l'action à distance semblait permettre d'éviter la difficulté de l'inertie électromagnétique infinie d'une charge ponctuelle, mais du fait des fluctuations dans l'absorbeur, il s'ajoute à l'inertie de l'électron une énergie électromagnétique qui pourrait diverger pour certains $K(\omega)$.

Oscillateur harmonique. — En électrodynamique classique, les systèmes liés ne peuvent être stables : étant contraints à demeurer dans un domaine fini, les charges qui les composent, affectées d'accélérations obligatoirement non nulles, perdent de l'énergie par rayonnement. Mais dans la conception développée ici, cette résistance de rayonnement est nécessairement accompagnée d'un champ fluctuant qui restitue de l'énergie au système. Nous traiterons le cas de l'oscillation harmonique.

L'équation du mouvement est ici :

$$(4)\qquad m\ddot{x} - f\dddot{x} + kx = -\frac{e}{c}\dot{A}$$

Procédant comme ci-dessus et posant $\omega_r^2 = k/m$, il vient :

$$(5) \qquad \overline{W} = \frac{4\pi e^2}{m}\int_0^{\infty} \frac{K(\omega)}{\sqrt{(\omega^2-\omega_r^2)^2 + \frac{\rho^2}{m^2}\omega^6}}\,d\omega$$

En électrodynamique classique, pour un oscillateur amorti, $\overline{W} = 0$, pour un oscillateur non amorti $\overline{W} = \omega_r^2 B$, où B dépend des conditions initiales.

Ici, quelles que soient ces conditions, l'oscillateur acquiert une énergie moyenne qui ne dépend que du champ fluctuant et de ω_r. On peut donc parler d'une sorte d'entretien de son mouvement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le comportement diélectrique à la longueur d'onde de* 9 cm *de six alcools primaires normaux entre* —60 *et* +60°. Note (*) de M. **Claude Brot**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans une étude diélectrique systématique ([1]) du deuxième domaine (de haute fréquence) de dispersion des alcools primaires normaux à chaîne moyenne, nous avons mesuré, à $\lambda = 9$ cm entre —60 et +60°, la constante diélectrique complexe du *n*-hexanol-1, du *n*-heptanol-1, du *n*-octanol-1, du *n*-nonanol-1, du *n*-décanol-1 et du *n*-dodécanol-1.

Méthode de mesure. — Abaissement de la fréquence de résonance et du facteur de surtension d'une cavité électromagnétique lorsqu'on la charge d'un échantillon diélectrique ([2]), ([3]). L'application de notre méthode reposait sur les deux conditions préalables suivantes, qui sont essentielles :

1° L'ensemble récepteur (cristal détecteur à la sortie de la cavité, suivi de l'un des deux amplificateurs d'un oscillographe bi-courbe à commutateur électronique) travaille à niveau d'entrée constant, quelle que soit la charge de la cavité, compensant ainsi les écarts éventuels de la quadraticité du cristal.

2° Le générateur (klystron KR 117), modulé en fréquence, attaque la cavité à amplitude constante dans toute la bande de fréquence utile.

Ces deux conditions ont été réalisées en montant sur la ligne d'entrée de la cavité de mesure, en série, un atténuateur de cut off réglable, et, en parallèle, une cavité à faible Q dont le rôle est d'écrêter le mode du klystron.

Le principe de la méthode est alors schématiquement le suivant : les pointés de fréquence sont donnés par le pip d'absorption d'une cavité H ondemètre à facteur de surtension très élevé, couplée faiblement à la sortie du klystron. Une partie de la puissance est prélevée sur la ligne principale après l'écrêtage,

(*) Séance du 5 juillet 1954.

([1]) Brot, Magat et Reinisch, *Kolloid-Zeitschrift*, 134, Marburger Diskussionstagung.

([2]) Bleaney, Loubser et Penrose, *Proc. Phys. Soc.*, 59, 1947, p. 185.

([3]) Bruma, *Thèse*, janvier 1952, Paris.

et est appliquée après détection au deuxième amplificateur de l'oscillographe bi-courbe. Sur celui-ci apparaissent simultanément le mode écrêté du klystron avec son pointé de fréquence, et la courbe de résonance de la cavité de mesure.

L'échantillon diélectrique, enfermé dans un tube capillaire, est placé suivant l'axe de la cavité, qui est du type cylindrique résonnant sur le mode E_{101}. En déplaçant le pointé de fréquence sur les courbes, on lit, sur le tambour gradué au 1/100e de millimètre de la cavité ondemètre, la fréquence de résonance et la largeur de bande passante de la cavité de mesure contenant le capillaire vide, d'une part, et le capillaire chargé de l'autre. Ces résultats sont obenus à partir de paramètres purement géométriques. On en déduit ε^* de l'échantillon suivant une méthode de calcul classique ([3]) ou, pour un capillaire donné, par étalonnage de l'ondemètre directement en $\varepsilon' - 1$ à l'aide de diélectriques de référence. La température de la cavité de mesure était réglée par un thermostat à circulation de liquide.

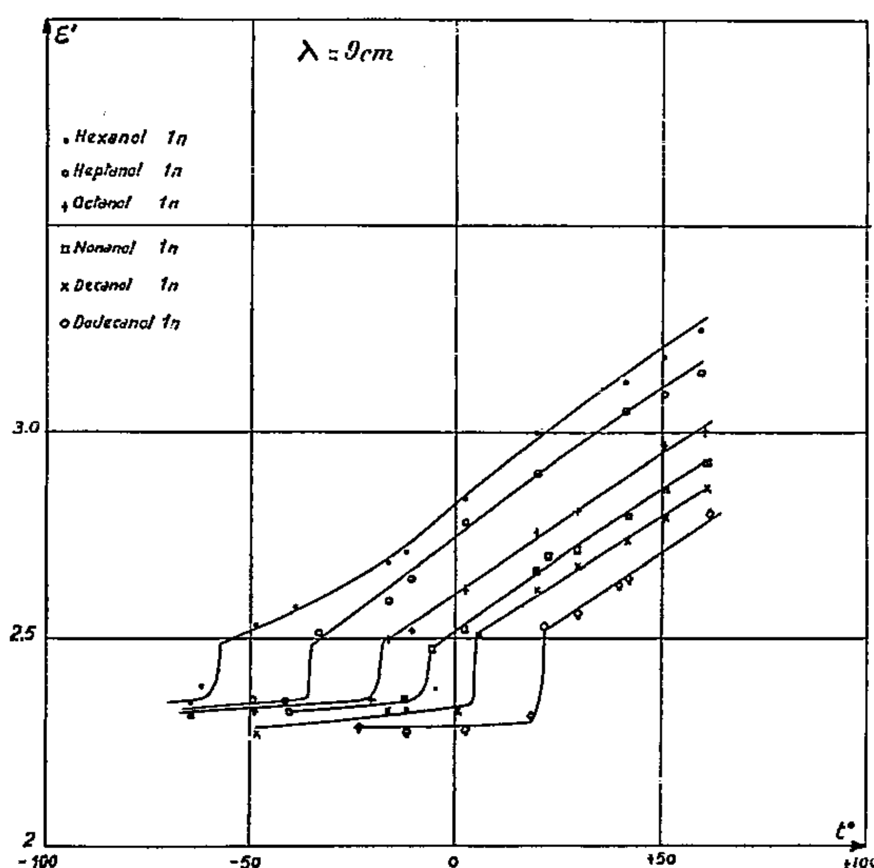


Fig. 1.

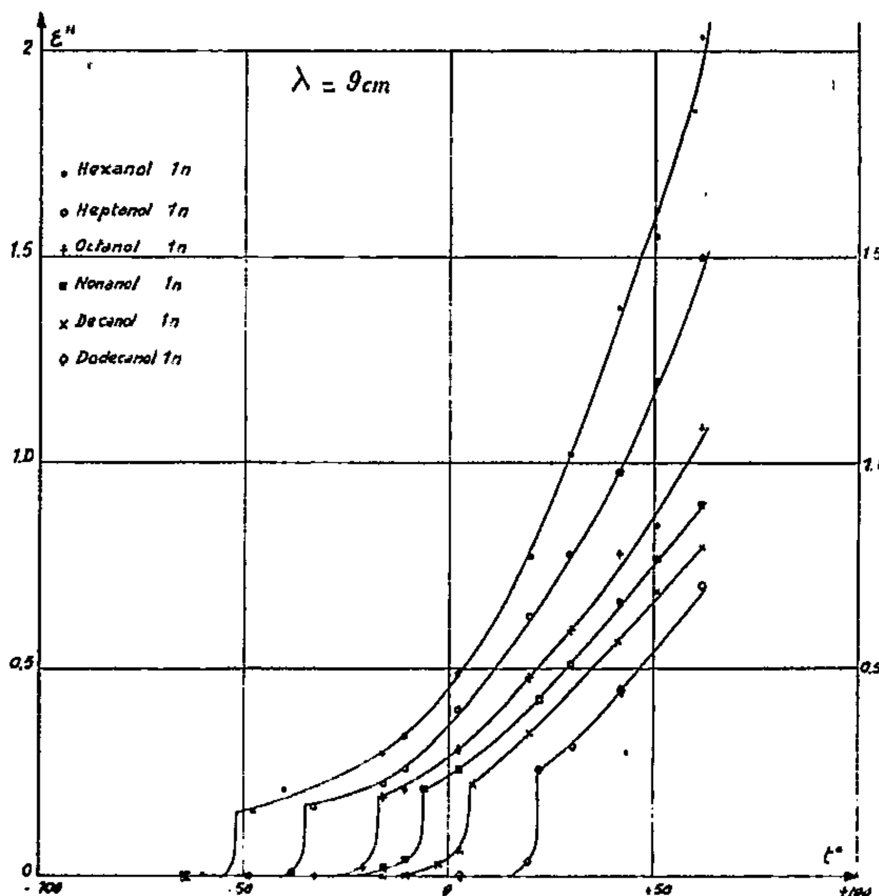


Fig. 2.

Résultats. — Ils font apparaître que :

1° A une température donnée ε' et ε'' croissent quand décroît le nombre des carbones.

2° Dans le solide, les pertes sont nulles, sauf à quelques degrés au-dessous du point de fusion où elles sont très faibles.

3° Au point de fusion de chaque alcool ε^* présente une discontinuité nette : la constante ε' saute d'une valeur comprise entre 2,30 et 2,40 dans le solide à une valeur voisine de 2,50 au-dessus du point de fusion, tandis que les pertes ε'' passent à une valeur variant de 0,15 à 0,25 suivant l'alcool.

4° Surtout dans le cas des deux alcools inférieurs, l'influence du premier

domaine de dispersion (domaine métrique) est encore à cette fréquence très sensible aux hautes températures, se traduisant par une forte concavité des courbes ε''.

Ces résultats se rattachent bien à ceux obtenus par nous ([1]) à $\lambda = 3{,}22$ cm, et recoupent convenablement les résultats partiels déjà obtenus par divers auteurs ([3]), ([4]) à $\lambda = 9$ cm.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un phénomène de séparation d'isotopes provoqué par passage de courant électrique dans un métal fondu*. Note (*) de MM. **Guy Nief** et **Étienne Roth**, présentée par M. Francis Perrin.

Une séparation appréciable des isotopes du gallium est obtenue sous l'action d'un courant continu passant dans le métal fondu.

Le phénomène indiqué par E. Haeffner ([1]) est le suivant : Si l'on fait passer un courant électrique continu à travers une colonne de mercure pendant un certain temps, la composition isotopique du métal n'est plus constante tout le long de la colonne, la concentration en isotopes légers est augmentée du côté anodique, celle en isotopes lourds du côté cathodique.

Nous avons voulu étudier ce phénomène en utilisant le gallium fondu.

Le gallium est placé dans un capillaire de pyrex terminé par des électrodes de tungstène.

Nos conditions expérimentales moyennes sont les suivantes :

Diamètre du capillaire	0,2 mm
Longueur du capillaire	180 mm
Intensité du courant	1,5 à 2,5 A
Durée de passage du courant	10 jours
Température de l'eau de refroidissement	40°C

Pour arrêter l'expérience, on coupe le courant et l'on congèle le gallium. Le capillaire est alors découpé en tronçons (de longueur environ 1 cm) et chaque tronçon est analysé.

Pour l'analyse isotopique, nous utilisons un spectromètre de masse où les ions Ga^+ sont produits par émission thermique au moyen d'un filament de tungstène (de diamètre 0,1 mm) chauffé aux environs de 1100°K, et recouvert d'une perle de borax à laquelle on a incorporé environ 0,05 mg de nitrate de gallium.

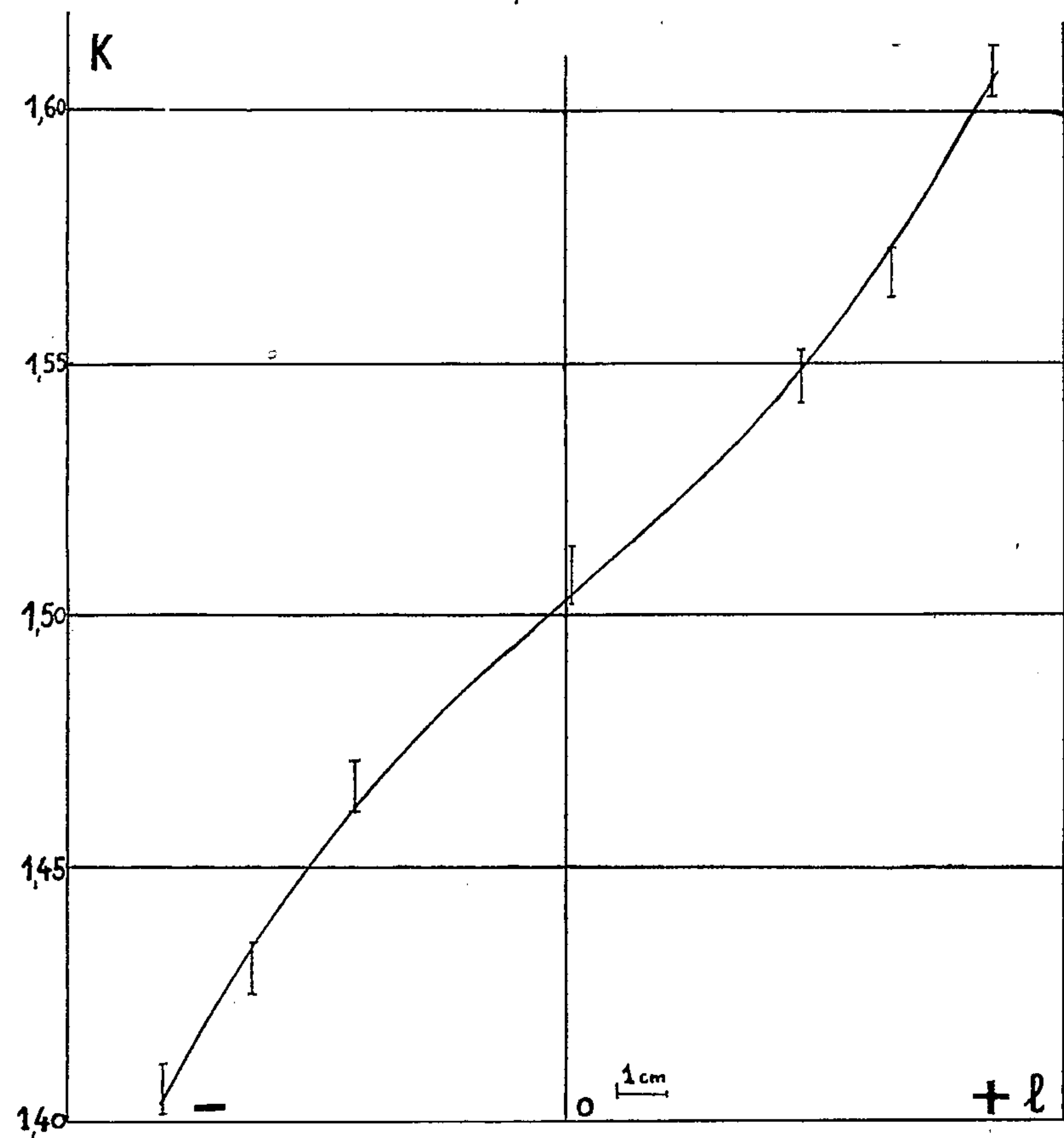
La précision de la détermination du rapport $K = {}^{69}Ga/{}^{71}Ga$ est de l'ordre de 0,3 %.

([4]) Lebrun, *Thèse*, mars 1953, Lille.

(*) Séance du 5 juillet 1954.

([1]) *Nature*, 172, 1953, 4382, p. 775.

Résultats. — Les essais préliminaires que nous avons fait confirment les résultats obtenus par Haeffner en signe et en ordre de grandeur.



Exemple. — Conditions opératoires

Diamètre intérieur du capillaire....................	0,2 mm
» extérieur »	5,5 mm
Longueur du tube................................	188 mm
Intensité..	2,52 A
Tension aux bornes..............................	4,2 V
Temps de passage du courant......................	248 h
Température de l'eau de refroidissement...........	48°

Nous avons :

$$K = \frac{^{69}Ga}{^{71}Ga} \text{ pour l'extrémité positive} = 1,608 \pm 0,005,$$

$$K = \frac{^{69}Ga}{^{71}Ga} \quad » \quad \text{négative} = 1,406 \pm 0,065,$$

$$K = \frac{^{69}Ga}{^{71}Ga} = 1,510 \text{ pour le gallium initial.}$$

La courbe qui représente la variation de K en fonction de la distance du milieu de l'échantillon à l'une des extrémités du tube présente une légère inflexion, ce qui montre que l'état de régime n'est pas tout à fait atteint, et que la séparation limite doit être un peu plus importante.

Le gallium utilisé est à une pureté chimique supérieure à 99,9 %, les principales impuretés étant le cuivre, l'étain et le thallium.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence d'un écrouissage préalable sur la fragilité due à l'hydrogène dans les aciers.* Note (*) de MM. **Pierre Amiot**, **Pierre Azou**, **Paul Bastien**, présentée par M. Albert Portevin.

L'influence des facteurs fragilisants : vitesse de déformation plastique et température d'essai sur des aciers chargés en hydrogène a déjà été étudiée par deux d'entre nous ([1]). L'accroissement de l'action du facteur de fragilisation atténue jusqu'à le faire disparaître le phénomène dû à la présence du gaz. L'étude du troisième facteur : état d'écrouissage avant chargement, était intéressante.

Dans un acier au chrome-molybdène et pour une gamme étendue de structures : perlite globulaire (B. G.), perlites lamellaires fine ou grossière (B. P. F. ou B. P. G.), bainites fine ou grossière (B. B. F. ou B. B. G.), martensite (B. M.), nous avons réalisé sur des éprouvettes de traction des écrouissages préalables au chargement en hydrogène, écrouissages pouvant atteindre des valeurs pour lesquelles il existe déjà une striction. Deux autres aciers A et D furent également étudiés respectivement recuit et revenu à haute température, après trempe.

Les résultats obtenus par chargement en hydrogène à saturation (électrolyse d'une solution d'acide chlorhydrique à 10 % de 48 h avec densité de courant moyenne de : 15 mA/cm^2 sous une différence de potentiel de 2,5 V), sont consignés sur la figure 1 qui donne, en fonction de l'écrouissage préalable δ_p, l'écrouissage à la rupture δ_r, exprimés tous les deux en allongement rationnel : log népérien de S_0/S.

La figure 2 souligne l'influence de la déformation plastique préalable sur la déformation plastique complémentaire δ_c nécessaire pour atteindre la rupture après chargement en hydrogène. On peut distinguer dans le comportement des aciers, deux phases :

a. Une période correspondant aux faibles écrouissages pour laquelle l'allongement à la rupture reste constant quel que soit l'écrouissage préalable.

(*) Séance du 5 juillet 1954.

([1]) P. Bastien et P. Azou, *Proceedings of the first World Metallurgical Congress*, 1951, p. 535.

L'amplitude de cette période dépend essentiellement de la structure envisagée et peut même disparaître.

b. une deuxième période dans laquelle il existe une atténuation de la fragilité totale, cependant cette augmentation de la ductilité est d'autant plus faible que le métal initial est lui-même plus fragile et plus sensible à l'hydrogène.

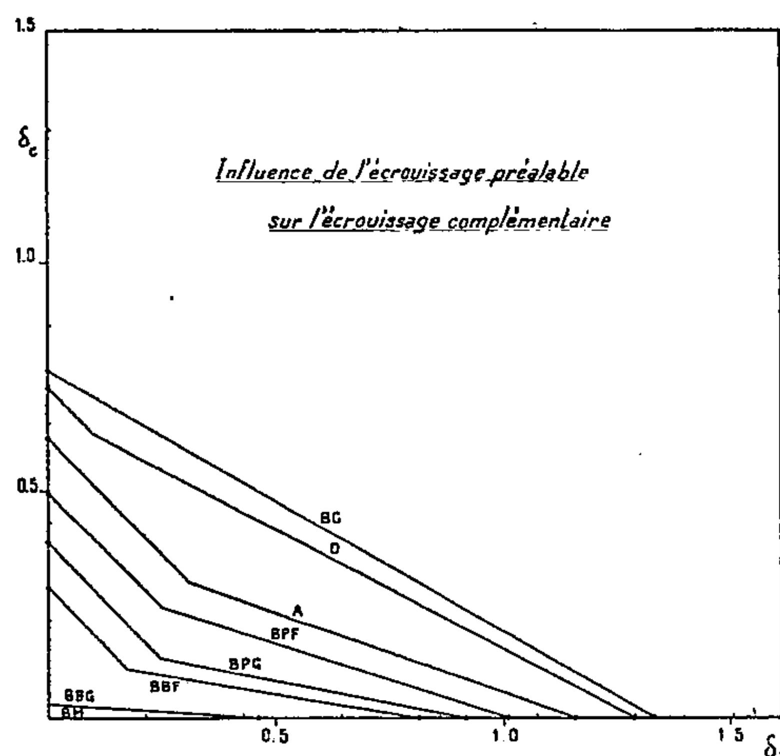


Fig. 1.

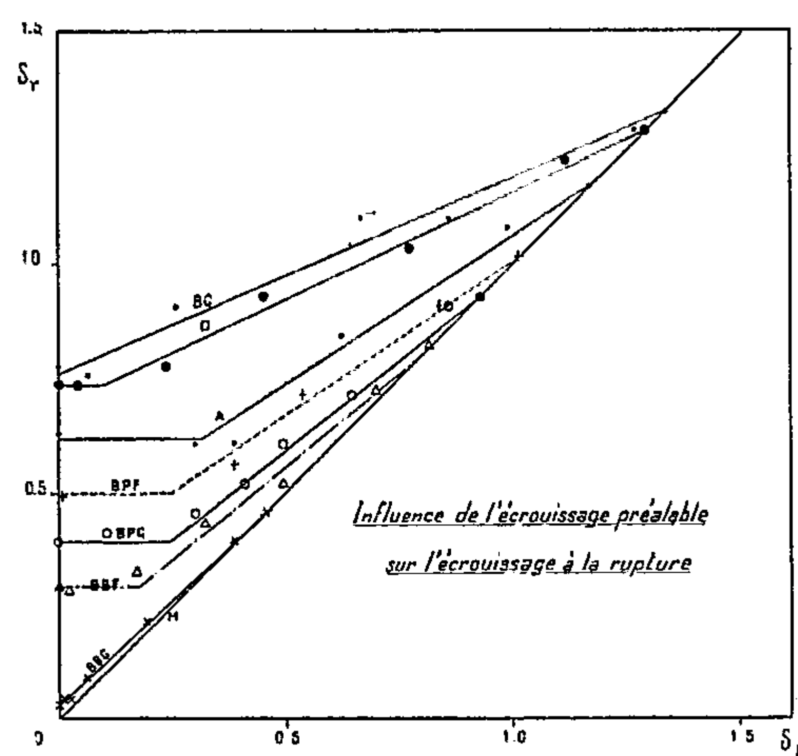


Fig. 2.

La transition entre ces deux périodes ne peut être, dans l'état actuel de la question, estimée brutale ou progressive.

Par conséquent, dans le cas où les contraintes internes ne sont pas suffisantes pour conduire à une fragilité apparentée à une fissuration sous tension (martensite): il est nécessaire de réaliser une déformation plastique complémentaire pour provoquer la fragilisation. Ceci est bien en accord avec la théorie énoncée antérieurement par nous ([2]), suivant laquelle la fragilisation apparaît par ségrégation de l'hydrogène entraîné par le déplacement des dislocations.

La différence existant entre les deux phases *a* et *b* mises en évidence doit être à rattacher au comportement du métal en régime de déformation laminaire d'une part (période *a*) ou turbulent de l'autre (période *b*) ([3]).

Enfin, la figure 2 montre que l'écrouissage complémentaire nécessaire pour l'obtention d'une rupture fragile diminue lorsque l'écrouissage préalable croît. Si l'on admet que le nombre de protons est constant par dislocation et que la ségrégation d'un nombre donné de protons est nécessaire pour amener la fragilité, il en résulte que le nombre de dislocations intéressées qui, par leur empilement provoque le phénomène, est une fonction croissante de l'écrouissage,

([2]) P. Bastien et P. Azou, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 549 et 232, 1951, p. 69.

([3]) A. M. Cottrell, *Progress in Metal Physics*, 4, p. 245.

ce qui est bien en accord avec la théorie de N. F. Mott ([4]) et les observations de H. W. Paxton et A. M. Cottrell ([5]).

MÉTALLURGIE. — *Tension interfaciale fonte-laitier et mécanisme de désulfuration.* Note (*) de MM. **Paul Kozakevitch, Georges Urbain** et **Max Sage**, présentée par M. Paul Pascal.

La tension interfaciale entre une fonte sulfureuse et un laitier désulfurant est très basse. Elle croît rapidement avec le passage de S dans le laitier. Une fonte sulfureuse se laisse facilement disperser dans un laitier sous forme de gouttelettes dont la coalescence est ensuite provoquée par l'accroissement de la tension interfaciale. Il est suggéré que ce mécanisme soit responsable de la vitesse de désulfuration dans le haut fourneau.

L'étape primaire de la désulfuration étant la diffusion de FeS ([1]) à travers l'interface fonte-laitier, on peut penser que la tension interfaciale (γ'') à cette interface s'en trouve notablement diminuée. D'autre part, S abaisse fortement la tension superficielle (γ) des fontes ([2]),([3]) et l'on peut penser que γ'' est bas, même en l'absence de toute diffusion à travers l'interface, l'adsorption de FeS en étant alors la cause.

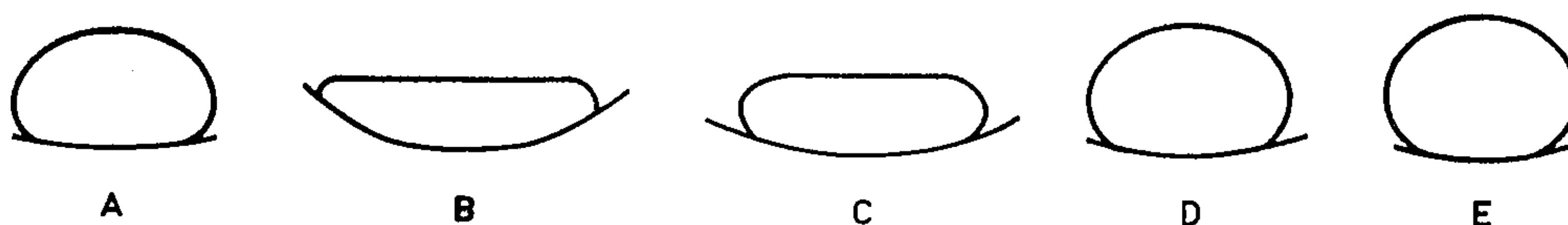
L'appareillage est resté le même que celui utilisé antérieurement pour mesurer, à l'aide de rayons X, le γ sur des gouttes de fonte posées sur un support ([2]). La goutte (alliage Fe—C—Si—C à 3 % de C, 0,6 % de Si et à teneurs variables en S) se trouvait sur le fond concave d'une petite capsule en alumine frittée encastrée dans un creuset de graphite. Un autre creuset en graphite lui était superposé. Ce dernier contenait un laitier industriel à 33,4 % de SiO_2, 13,1 % de Al_2O_3, 45,2 % de CaO, 3,4 % de MgO et 1 % de S. Ce creuset était percé d'un trou conique fermé par une tige de graphite. En la soulevant, on laissait le laitier s'écouler sur la goutte. La température était de 1 450° environ.

La tension superficielle (γ') du laitier précité (support graphite) est de 573 dyne.cm^{-1} (moyenne de six mesures : 581; 596; 569; 551; 570; 570 dyne.cm^{-1}), le γ' d'un laitier synthétique analogue mais sans S est égal à 591 dyne.cm^{-1}. On voit que S, tensioactif dans le fer ([2]) ([3]), ne l'est pas dans le laitier. On a également constaté que les faibles quantités de Al_2O_3 qui pouvaient provenir de l'attaque de la capsule par le laitier, n'influencent pas le γ' de ce dernier.

([4]) *Phil. Mag.*, 43, 1952, p. 1151.
([5]) *Acta Metallurgica*, 2, 1953, n° 1, p. 3-8.

(*) Séance du 5 juillet 1954.
([1]) G. Derge, W. O. Philbrook et K. M. Goldman, *Trans. A. I. M. E.*, 188, 1950, p. 1111.
([2]) P. Kozakevitch, S. Chatel et M. Sage, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2064.
([3]) P. Kozakevitch, G. Urbain et M. Sage, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1690.

La figure 1 représente l'évolution du ménisque séparant les deux phases lors du processus de désulfuration. Sur le dessin A est représentée une goutte à 0,7 % de S sous argon. La photo, qui a servi de base au dessin B, a été prise 15 mn après l'écoulement du laitier sur le métal. On voit que ce dernier s'étale complètement sur le fond du creuset. Les photos C et D ont été prises 30 et 60 mn après l'écoulement : la goutte se relève peu à peu, le ménisque devient de plus en plus convexe par rapport au métal (forme irrégulière à 15 mn). Le dessin E donne la forme finale de la goutte qui ne contient, à ce moment, que 0,017 % de S.



Les valeurs de γ'' correspondant au début de la désulfuration sont extrêmement faibles et ne peuvent pas être mesurées, puisque la goutte s'étale complètement. Mais dès que l'équateur se dessine plus ou moins nettement, on peut appliquer la formule des larges gouttes, quoique la mesure reste encore très mauvaise. A ce moment, γ'' est de 5 dyne.cm^{-1} environ. Il est évident que c'est une valeur dynamique puisqu'il n'y a pas équilibre entre les deux couches. Par contre, la valeur de γ'' du dessin E se rapporte à un état très proche de l'équilibre et peut être considérée comme statique. Elle est égale à 798 dyne.cm^{-1} (moyenne de cinq mesures : 740 ; 768 ; 856 ; 784 ; 842 dyne.cm^{-1}, S varie entre 0,01 et 0,02 %). On voit que l'accroissement est énorme : plus de 160 fois. Une goutte de métal identique mais ne contenant, avant l'essai, que 0,003 % de S, donne, après un séjour de 1 h sous le laitier précité $\gamma'' = 818$ dyne.cm^{-1} (moyenne de huit mesures : 744 ; 847 ; 747 ; 856 ; 860 ; 793 ; 853 ; 846 dyne.cm^{-1}. Teneur finale en S entre 0,005 et 0,006 %). La dispersion est due surtout à ce que la goutte se trouvant sous un laitier visqueux (300 fois plus visqueux que l'eau) prend difficilement une forme parfaitement régulière. Compte tenu de cette dispersion, les deux valeurs de γ'' sont à considérer comme identiques, ce qui confirme que la forme de la goutte E correspond à l'état d'équilibre. Le coefficient d'étalement $s = \gamma - \gamma' - \gamma''$, négatif pour les fontes sans S ([2]), devient positif dans le cas d'une fonte sulfureuse : au début du processus de désulfuration, S est égal à $+50$ environ. Ainsi, les laitiers mouillent les fontes sulfureuses. Le coefficient d'étalement redevient négatif après passage de S dans le laitier : pour la goutte E, $s = 1210 - 573 - 798 = -161$.

Si l'on répète les essais B — D avec un laitier à 3 % de S environ, la diffusion de S se trouve ralentie, les réactions $FeS + CaO = FeO + CaS$ et $FeO + C$ (fonte) $= Fe + CO$ se déroulent, dès le début, à l'interface et la

goutte se désagrège, sa surface présentant alors un aspect semblable aux protubérances sur le Soleil.

En raison de la valeur très basse de γ'', un métal sulfuré (la fonte au niveau des tuyères contient près de 1 % de S) doit s'émulsifier facilement dans le laitier et nous croyons que le ruissellement de la fonte et du laitier dans les pores du coke (« l'homme mort » dans l'axe du haut fourneau) apporte le travail nécessaire pour l'émulsification. L'augmentation énorme de l'interface contribue alors à un passage rapide de S dans le laitier. La valeur de γ'' augmente rapidement avec ce passage, l'émulsion se détruit et, dans le creuset du haut fourneau, la couche de laitier ne contient que peu de gouttelettes métalliques. Mais si, pour quelque raison, la désulfuration devient trop lente, le laitier final peut se trouver fortement chargé de grenaille, phénomène bien connu des spécialistes.

ÉLECTROCHIMIE. — *Mesure de la conductibilité spécifique de l'ammoniac liquide*. Note (*) de MM. **Jean Cueilleron** et **Michel Charret**, présentée par M. Louis Hackspill.

La conductibilité spécifique de l'ammoniac liquide sec, purifié par une série de distillations fractionnées, a été mesurée à différentes températures. Entre — 70° et — 35° C elle varie de $(1{,}77 \pm 0{,}5).10^{-7}$ à $(2{,}94 \pm 0{,}85).10^{-7}$.

Les valeurs de la conductibilité spécifique de l'ammoniac liquide données dans la littérature varient de 1.10^{-4} à 1.10^{-11} mho, nombres qui sont entre eux comme 1 et 10^7.

H. P. Cady (1) donne, sans préciser la température, une conductibilité spécifique de 71.10^{-7} mho; H. M. Goodwin et M. K. Thompson (2) trouvent $1{,}688.10^{-4}$ à — 13° C et $1{,}392.10^{-4}$ à —29,5° C, mais la protection contre l'humidité et le gaz carbonique de l'air de leurs appareils, assurée par une colonne de chlorure de calcium et de chaux, semble insuffisante.

Franklin et Kraus (3) obtiennent 1.10^{-8} mho; mais ils indiquent ne pouvoir mesurer que 20 000 Ω avec une bonne précision, alors qu'ils ont dû, pour obtenir ce chiffre, mesurer 700 000 Ω.

Frenzel (4) obtient (ce que nous confirmerons) : $1{,}33.10^{-7}$ à — 79,3° C et $1{,}47.10^{-7}$ mho à — 73° C.

D'une part, Carvallo (5) trouve 5.10^{-10} à + 20° C et $3{,}7.10^{-11}$ à — 80° C

(*) Séance du 5 juillet 1954.

(1) *J. Phys. Chem.*, 1, 1897, p. 707.

(2) *Phys. Rev.*, 8, 1899, p. 38.

(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 23, 1900, p. 277.

(4) *Z. Electrochem.*, 6, 1899-1900, p. 477.

(5) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1755.

et, d'autre part, Hnidza et Kraus [6] donnent 1.10^{-10} et 1.10^{-11} mho. Leurs mesures ont été faites en courant continu ($\simeq 100$ V). Or, en procédant de même, nous avons constaté, par rapport aux mesures faites en courant alternatif, une forte diminution de la conductibilité spécifique due, probablement, à la polarisation des électrodes.

Frendenhagen et Cadenbach [7] donnent une série de valeurs très dispersées allant de 1.10^{-5} à 1.10^{-8} mho.

Pleskov [8] sans préciser ni la méthode de mesure, ni la température indique 1.10^{-9} mho.

Une partie du gaz carbonique et de l'humidité du gaz ammoniac du commerce est éliminée par passage sur une colonne de potasse humide, puis sur une colonne de potasse sèche. Le gaz est ensuite condensé dans un ballon contenant du potassium, puis soumis à six distillations successives sous pression réduite, au cours de chacune desquelles on élimine les têtes et les queues à travers une soupape de mercure. Chaque fraction centrale est recueillie dans un ballon relié par un robinet au ballon qui le précède.

Tout l'appareil est préalablement dégazé par chauffage sous vide et chaque partie de l'appareil qui comporte, de plus, un petit ballon contenant du potassium distillé est scellée sous vide.

Les mesures de conductibilité sont faites dans les trois derniers ballons étalonnés, avant montage, avec des solutions de chlorure de potassium [9]. Ils contiennent pour électrodes des plaques de platine de 2×1 cm distantes d'environ 3 mm qui sont soudées aux parois des ballons; elles sont, avant expériences, dégazées sous vide par bombardement cathodique.

Les résistances sont mesurées en courant alternatif (1000 ou 50 périodes) ou en courant continu, au moyen d'un pont de Kohlrausch comportant un oscillographe cathodique (0,5 % de 500 000 Ω à 1 MΩ, 1 % au-dessus de 1 MΩ).

Les soupapes de mercure servant de manomètre, la mesure de la tension de vapeur permet de déterminer la température du liquide au 1/10e de degré entre — 75° et — 55° C et au 1/20e de degré au-dessus.

Il est indispensable d'opérer dans un appareil parfaitement étanche; une remontée en pression de quelques millimètres de mercure par jour multiplie la conductibilité par 10 en quelques heures; ceci est dû, probablement, à l'action du gaz carbonique et de l'humidité de l'atmosphère. Le fait de laver les pièces de l'appareil, avant montage, avec de l'eau distillée ordinaire, décuple la

---

(6) *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 1565.
(7) *Z. Anorg. Chem.*, 186, 1930, p. 1.
(8) *Acta Physicochim. U. R. S. S.*, 6, 1937, p. 110.
(9) Parker et Parker., *J. Amer. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 312.

conductibilité spécifique de l'ammoniac liquide : nous utilisons donc de l'eau tridistillée ($\chi = 1,4.10^{-6}$ mho).

Enfin une ou deux distillations supplémentaires ne modifient pas sensiblement la conductibilité de l'ammoniac liquide.

Six séries de mesures donnent des valeurs comprises dans les limites du tableau suivant :

χ (mho.10^{-7}).	Température (°C).	χ (mho.10^{-7}).	Température (°C).
1,77 ± 0,5	— 70	2,45 ± 0,7	— 50
1,94 ± 0,6	— 65	2,52 ± 0,75	— 45
2,11 ± 0,65	— 60	2,78 ± 0,8	— 40
2,28 ± 0,7	— 55	2,94 ± 0,85	— 35

MAGNÉTOCHIMIE. — *Étude magnétochimique des composés organiques du fluor*. Note (*) de M. **Roland Perceau**, présentée par M. Paul Pascal.

Une étude des dérivés perfluorés a montré que les corps étudiés suivent la loi d'additivité. La susceptibilité atomique du fluor K_F est évaluée à — 5,82.10^{-6} C. G. S., en bon accord avec une détermination précédente de P. Pascal.

P. Pascal, en 1911, après une étude magnétochimique de composés organiques fluorés, avait proposé pour la susceptibilité atomique du fluor la valeur — 6,3.10^{-6} (1). A partir des valeurs expérimentales des susceptibilités moléculaires des composés organiques fluorés mesurées par cet auteur, en utilisant les incréments atomiques de la systématique révisée (2), on obtient la valeur $K_F = -5,77.10^{-6}$.

Il avait également constaté que, dans les composés polyfluorés possédant au plus trois atomes de fluor fixés au même atome de carbone, on n'enregistre pas de dépréciation diamagnétique par rapport à la valeur additive. Ce fait est remarquable et indique un comportement singulier vis-à-vis des autres halogènes.

Dans une étude générale sur les interactions halogène-halogène dans les composés polyhalogénés, nous avons étudié un certain nombre de dérivés perfluorés contenant jusqu'à 76,45 % de fluor. Les résultats des mesures sont rassemblés dans le tableau I; leur examen montre que si l'on excepte le premier terme des acides perfluorés, l'acide trifluoroacétique, les susceptibilités moléculaires sont sensiblement additives, aux erreurs d'expériences près : 0,5 %.

(*) Séance du 5 juillet 1954.

(1) *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 1010; *Bull. soc. chim.*, 9, 1911, p. 6-12; 11, 1912, p. 111-121 et 206.

(2) P. Pascal, A. Pacault et J. Hoarau, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1078.

TABLEAU I.

Composé.	— K.10⁶ mesurée.	— K.10⁶ calculée (*).	Δ.10⁶.
Acide perfluoroacétique (CF_3CO_2H)	43,3	42,0	—1,3
Acide perfluoropropionique ($C_2F_5CO_2H$)	61,0	61,0	0
Acide perfluorobutyrique (n-$C_3F_7CO_2H$)	81,0	80,1	—0,9
Perfluorobutyrate de Méthyle (n-$C_3F_7CO_2CH_3$)	92,5	92,3	0,2
Perfluorobutyrate d'Éthyle (n-$C_3F_7CO_2C_2H_5$)	103,5	103,7	0,2
Perfluorobutyrate de n-Butyle (n-$C_3F_7CO_2C_4H_9$)	126,7	126,5	0,2
Anhydride perfluoro butyrique [(n-$C_3F_7O)_2O$]	149,4	150,2	0,8
Oxyde cyclique en C_8 ($C_8F_{16}O$)	157,6	157,6	0
Triperfluorobutyl amine [(n-$C_4F_9)_3N$]	253,0	254,9	1,9

(*) Avec $K_F = 5,82.10^{-6}$.

La susceptibilité atomique $K_F = -5,82.10^{-6}$ [3], déduite des valeurs des susceptibilités moléculaires du tableau I, peut être comparée à la susceptibilité atomique K_F tirée des susceptibilités expérimentales des corps monofluorés étudiés par Pascal et qui est de $-5,77.10^{-6}$ (valeur moyenne) (tableau II).

TABLEAU II.

Composé.	— K.10⁶ mesurée (Pascal, 1911).	— K.10⁶ calculée (*).	Δ.10⁶.
Fluorobenzène (C_6H_5F)	58,3	58,8	0,5
Difluoroéthanol (CHF_2CH_2OH)	41,0	39,7	—1,3
m-ω-Trifluorocrésol [m-$C_6H_4(OH)(CF_3)$]	83,8	83,2	—0,6
Phénylfluoroforme ($C_6H_5CF_3$)	76,8	77,8	1,0

(*) Suivant la nouvelle systématique et $K_F = 5,82.10^{-6}$.

Ces résultats confirment le point de vue de cet auteur selon lequel l'incrément atomique du fluor est le même dans les composés monofluorés et polyfluorés.

Si l'on admet que la distance C — F dans les composés fluorés aliphatiques saturés est 1,35 Å (CHF_3) [4] et que l'angle F — C — F est de 110°28′, la distance entre les atomes non-liés F...F est de 2,2 Å, inférieure de 0,5 Å à la somme des rayons de Van der Waals ($R_F = 1,35$ Å), mais pratiquement identique à la somme des rayons ioniques de Pauling ($r = 1,13$ Å).

La « pénétration » ne paraît pas suffisante pour produire une dépréciation diamagnétique décelable [5].

---

(3) Calculée dans l'ancienne systématique, cette valeur est égale à $-6,47.10^{-6}$, contre $-6,3.10^{-6}$ donnée jadis par P. Pascal.

(4) M. L. HUGGINS, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 4123.

(5) P. PASCAL, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 657; 218, 1944, p. 57; *voir* R. PERCEAU, *Thèse* (en préparation).

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Détermination des constantes d'estérification en présence d'un solvant neutre*. Note (*) de M. **André Chablay**, présentée par M. Louis Hackspill.

La détermination des constantes d'estérification des acides par les alcools peut être troublée par la séparation de l'eau formée, qui provoque un recul d'autant plus important de la limite que les quatre constituants du système sont moins miscibles et que la température est moins élevée. L'emploi du dioxane, en rendant le milieu homogène, permet une détermination précise de ces constantes.

Reprenant les expériences classiques d'estérification, mais en phase rendue parfaitement homogène par la présence de dioxane, excellent solvant des quatre constituants du système, nous avons précédemment précisé les valeurs des limites et, par suite, des constantes d'équilibre correspondantes (1).

Nous avions alors plus particulièrement étudié l'estérification, par les alcools primaires à chaîne saturée normale, d'une série d'acides acycliques saturés, et montré que les constantes d'estérification étaient les mêmes quels que soient l'acide et l'alcool de ces séries.

Nous donnons aujourd'hui les résultats d'une étude similaire sur des alcools secondaires, en nous limitant, pour l'instant, à l'estérification d'un même alcool par les acides d'une même série, et inversement. Nous avons choisi, comme alcool et acide de référence, respectivement le butanol-2 et l'acide acétique.

Nous opérons toujours à 175°, en tubes scellés, avec et sans dioxane, l'acide et l'alcool étant en proportions rigoureusement équimoléculaires. La constante d'estérification a été calculée à l'aide de la formule habituelle :

$$K = \frac{x_l^2}{(1 - x_l)^2},$$

x_l étant la quantité d'acide transformé à la limite.

1° Butanol-2 :

Acide.	Limite obtenue en présence de dioxane. (%).	Limite obtenue en l'absence de dioxane. (%).	K. avec dioxane.	K. sans dioxane.
Acétique	58,2	58,2	1,93	1,93
N-butyrique	58,7	59,2	2,02	2,10
Laurique	59,1	63,5	2,01	3,02
Palmitique	58,8	64,0	2,03	3,16

(*) Séance du 5 juillet 1954.

(1) A. Chablay, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2080.

2° Acide acétique :

Alcool.	Limite obtenue en présence de dioxane. (%).	Limite obtenue en l'absence de dioxane. (%).	K. avec dioxane.	K. sans dioxane.
Propanol-2	58,6	58,4	2,00	1,97
Butanol-2	58,2	58,2	1,93	1,93
Heptanol-3	58,1	58,6	1,92	2,00
Octanol-2	58,8	60,6	2,03	2,36

Ici encore nous constatons que le dioxane n'exerce aucune action perturbatrice sur la réaction d'estérification proprement dite, la limite d'estérification trouvée étant, avec ou sans dioxane, la même pour l'acide acétique et les alcools propylique et butylique secondaires, solubles dans l'eau.

De ces résultats nous pouvons conclure que la limite et la constante d'estérification sont les mêmes :

1° pour tous les acides d'une même série vis-à-vis d'un même alcool secondaire;

2° pour tous les alcools secondaires d'une même série vis-à-vis d'un même acide;

3° et que leurs valeurs sont, respectivement, $x_l = 58,6$ % d'acide transformé, $K = 2,00$.

Il y a tout lieu de croire qu'il en sera de même pour les homologues supérieurs de cet alcool et de cet acide.

Remarquons que les valeurs des limites d'estérification habituellement citées sont toujours celles qui résultent des travaux de Menschutkine ([2]); elles sont trop élevées et varient dans chaque cas, suivant la solubilité dans l'eau des composés expérimentés ou formés. C'est ainsi que, pour l'estérification, par l'acide acétique, des alcools précédents, les limites varient de 60,5 pour le propanol-2 à 62,0 pour l'octanol-2.

Nous nous proposons de poursuivre cette étude en l'étendant à d'autres catégories d'alcools et d'acides.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Combinaisons entre les poly- et métaphosphates et divers composés organiques basiques.* Note (*) de M. **Jean-Pierre Ebel** et Mme **Juliette Colas** ([1]), présentée par M. Paul Lebeau.

On sait depuis longtemps que le sel de Graham, communément appelé « métaphosphate », mais qui est en réalité constitué par un mélange de poly-

([2]) *Ann. Chim. phys.*, 23, 1881, p. 14; 30, 1883, p. 81.

(*) Séance du 5 juillet 1954.

([1]) Avec la collaboration technique de Mme Lejeunne.

phosphates de longue chaîne ([2]), donne avec les protéines des combinaisons insolubles ([3]). Cette propriété s'étend aux poly- et métaphosphates de petit poids moléculaire ([4]). Il se forme une combinaison de type salin entre les groupements phosphoriques acides et les groupements basiques des protéines ([3]), ([4]). D'autres composés macromoléculaires que les protéines et possédant également dans leur molécule des groupements basiques peuvent précipiter des phosphates condensés, en particulier divers dérivés ammonium, sulfonium et phosphonium quaternaires et diverses substances ampholytes tensioactives ([5]). Mais récemment on a montré que des composés basiques de petit poids moléculaire [métaphénylènediamine, diaminophénol, orthotolidine ([6]), benzylisothiourée ([7])] donnaient également des combinaisons insolubles avec les phosphates condensés.

Ces résultats nous ont incités à étudier de plus près la question de la combinaison des poly et métaphosphates avec des composés organiques basiques de petit poids moléculaire. Selon que ces derniers possédaient ou non une importance biologique, nous avons étudié l'application à l'isolement du composé basique biologique ou à la précipitation du phosphate condensé. Nous avons utilisé : 1° dans le groupe des polyphosphates linéaires : le pyrophosphate tétrasodique $P_2O_7Na_4$, $10H_2O$, le tripolyphosphate de sodium $P_3O_{10}Na_5$, $6H_2O$ et le sel de Graham (« métaphosphate de sodium »); 2° dans le groupe des métaphosphates cycliques : le trimétaphosphate de sodium $P_3O_9Na_3$, $6H_2O$ et le tétramétaphosphate de sodium $P_4O_{12}Na_4$, $4H_2O$.

A. *Composés organiques basiques non biologiques.* — Nous avons constaté que le sel de Graham était précipité en milieu acide par des monoamines (aniline, β-naphtylamine, phénétidine), des diamines (éthylènediamine, méta et paraphénylènediamine, métatoluylènediamine, diaminophénol, benzidine, diaminobenzidine, *o*-tolidine, dianisidine), des hydrazines (phénylhydrazine). Dans certaines conditions d'acidité, la précipitation peut s'étendre à des polyphosphates de courte chaîne ou à des métaphosphates cycliques. C'est le cas de la β-naphtylamine, de la diaminobenzidine et de l'*o*-tolidine qui peuvent précipiter, en plus du sel de Graham, les pyro, tripoly et tétramétaphosphates. La benzidine précipite l'orthophosphate et tous les phosphates condensés.

([2]) *Voir* bibliographie dans : J. P. Ebel, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 20, 1953, p. 1096.

([3]) R. K. Schofield, *Trans. Faraday Soc.*, 31, 1935, p. 390; G. Perlmann et H. Herrmann, *Biochem. J.*, 32, 1938, p. 926; G. Perlmann, *J. Biol. Chem.*, 137, 1941, p. 707; K. H. Gustavson et A. Larsson, *Acta Chem. Scand.*, 5, 1951, p. 1221.

([4]) J. E. Courtois et R. Barré, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 35, 1953, p. 913 et 921.

([5]) R. Neu, *Z. analyt. Chem.*, 131, 1950, p. 102; *Fette u. Seifen*, 53, 1951, p. 148 et 55, 1953, p. 17.

([6]) W. Dewald et H. Schmidt, *Z. analyt. Chem.*, 136, 1952, p. 420.

([7]) R. Neu, *Fette u. Seifen*, 54, 1952, p. 682.

Mais en augmentant l'acidité, la réaction se limite aux polyphosphates macromoléculaires (sel de Graham).

La précipitation des poly- et métaphosphates par ces composés basiques n'est en général pas quantitative. Le taux du phosphate précipité est compris entre 70 et 100 % selon le précipitant employé et selon les conditions d'acidité. Avec la benzidine, la réaction peut devenir quantitative en opérant en présence d'alcool. Par exemple, le réactif : benzidine, 1 g ; alcool 96°,50 cm^3 ; eau, 49 cm^3 ; acide acétique, 1 cm^3 précipite intégralement l'orthophosphate et les phosphates condensés.

B. *Composés organiques basiques biologiques.* — Le sel de Graham donne en milieu acide des combinaisons insolubles avec les composés suivants : les acides aminés bibasiques (arginine, histidine, lysine, ornithine) des dipeptides (hystidylhistidine), divers composés guanidiques (arcaïne, agmatine), des amines (histamine). Aucune précipitation n'est obtenue avec les oligopolyphosphates (pyro- et tripolyphosphates) ni avec les métaphosphates cycliques. La précipitation n'a lieu qu'en présence d'acide à des pH compris entre 2,0 et 4,0 selon le composé basique. La nature de l'acide joue un rôle important. Par exemple, en présence de l'acide chlorhydrique on précipite l'arginine et l'histidine et on ne précipite pas la lysine et l'ornithine ; avec l'acide acétique par contre les quatre acides aminés basiques précipitent.

Les combinaisons formées sont assez facilement dissociables. Un excès d'acide chlorhydrique les dissout, HCl déplaçant les acides polyphosphoriques de ces combinaisons. Il semble que plus la longueur de chaîne du polyphosphate augmente, plus la combinaison formée est insoluble. Le sel de Graham étant constitué par un mélange de polyphosphates de chaîne plus ou moins longue, il est à prévoir que la précipitation ne peut être que difficilement quantitative. Avec les acides aminés bibasiques et l'histidylhistidine en solution à 1 %, le taux de précipitation est de 75 à 80 %. Pour les autres composés étudiés, il n'est que de 50 à 75 %. Ce taux peut dans certains cas être sérieusement amélioré et, dans le cas des acides aminés bibasiques, atteindre 80 à 95 %, soit en augmentant la concentration du composé basique, soit en opérant en présence d'alcool. La formation de combinaisons insolubles entre les polyphosphates de longue chaîne et divers composés basiques biologiques pourrait être utilisée pour l'isolement de ces derniers. L'avantage de la méthode résiderait dans la grande facilité de dissociation du précipité. La technique présenterait par contre l'inconvénient de ne pas être quantitative.

Ce travail montre également que le « métaphosphate », souvent employé comme défécant en Chimie biologique, peut entraîner avec les protéines divers composés basiques de petit poids moléculaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques benzofluorènes et benzo-indénofluorènes.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **André Le Berre**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Préparation du benzo [c] fluorène, du benzo [c] indéno [2,1-a] fluorène, et de quelques dérivés. Étude de certaines réactions, en particulier, de l'autoxydation et de la dismutation de benzo et benzo-indénofluorénols.

Quelques dérivés substitués en 2 et 3 du diphényl-1.4 naphtalène ont déjà été préparés et ils ont permis l'obtention de dérivés du benzo [3-4] fluorène (1), d'une part, et d'un dérivé de l'indénobenzofluorène (2), d'autre part; ces corps donnent un certain nombre de réactions inédites qui sont décrites dans cette Note.

Nous avons choisi, pour des raisons de simplicité, le mode de nomenclature et de numérotage des « American Chemical Abstracts » (3).

A. *Dérivés du benzo* [c] *fluorène* (*fig.* A). — Nous avons déjà décrit les benzofluorénols II*a* et II*b* et les dérivés bromés correspondants III*a* et III*b* (1).

Ces deux benzofluorénols, le phényl-5 hydroxy-7 7H benzo [c] fluorène, II*a*, et son dérivé méthylé-6, II*b*, donnent, par autoxydation à l'air en milieu alcalin (potasse méthylique), les fluorénones correspondantes, I*a* et I*b*, (2), (4) suivant un processus analogue à celui qui a été signalé pour le fluorénol simple (5); l'autoxydation de ces benzofluorénols, II*a* et II*b*, en fluorénones, se produit encore par simple chauffage à l'air, aux environs de 300°. Cependant, si le chauffage est effectué sous vide ($<$ 1 mm de Hg) on constate une dismutation de ces deux alcools en un mélange en proportions sensiblement équimoléculaires des fluorénones I*a* et I*b* et des fluorènes correspondants, à savoir, dans le premier cas : le phényl-5 7H benzo [c] fluorène, IV*a*, $C_{23}H_{16}$, bâtonnets incolores (alcool), F_{inst} 128°, et, dans le deuxième cas : le phényl-5 méthyl-6 7H benzo [c] fluorène, IV*b*, $C_{24}H_{18}$, feuillets incolores (acétate d'éthyle), F_{inst} 185-186°.

Ces hydrocarbures s'obtiennent encore par réduction (zinc et acide acétique) des bromofluorènes III*a* et III*b*. Toutefois, il se forme, en plus, dans cette réaction, une petite quantité des dérivés *bis*-fluorényliques V*a* et V*b*, le diphényl-5-5′ *bis* 7H benzo [c] fluorényle-7.7′, V*a*, $C_{46}H_{30}$, cristaux incolores (xylène), F_{inst} 330-331°, et le dérivé diméthylé-6.6′, V*b*, $C_{48}H_{34}$, cristaux incolores

(*) Séance du 28 juin 1954.

(1) A. Étienne et A. Le Berre, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1046.

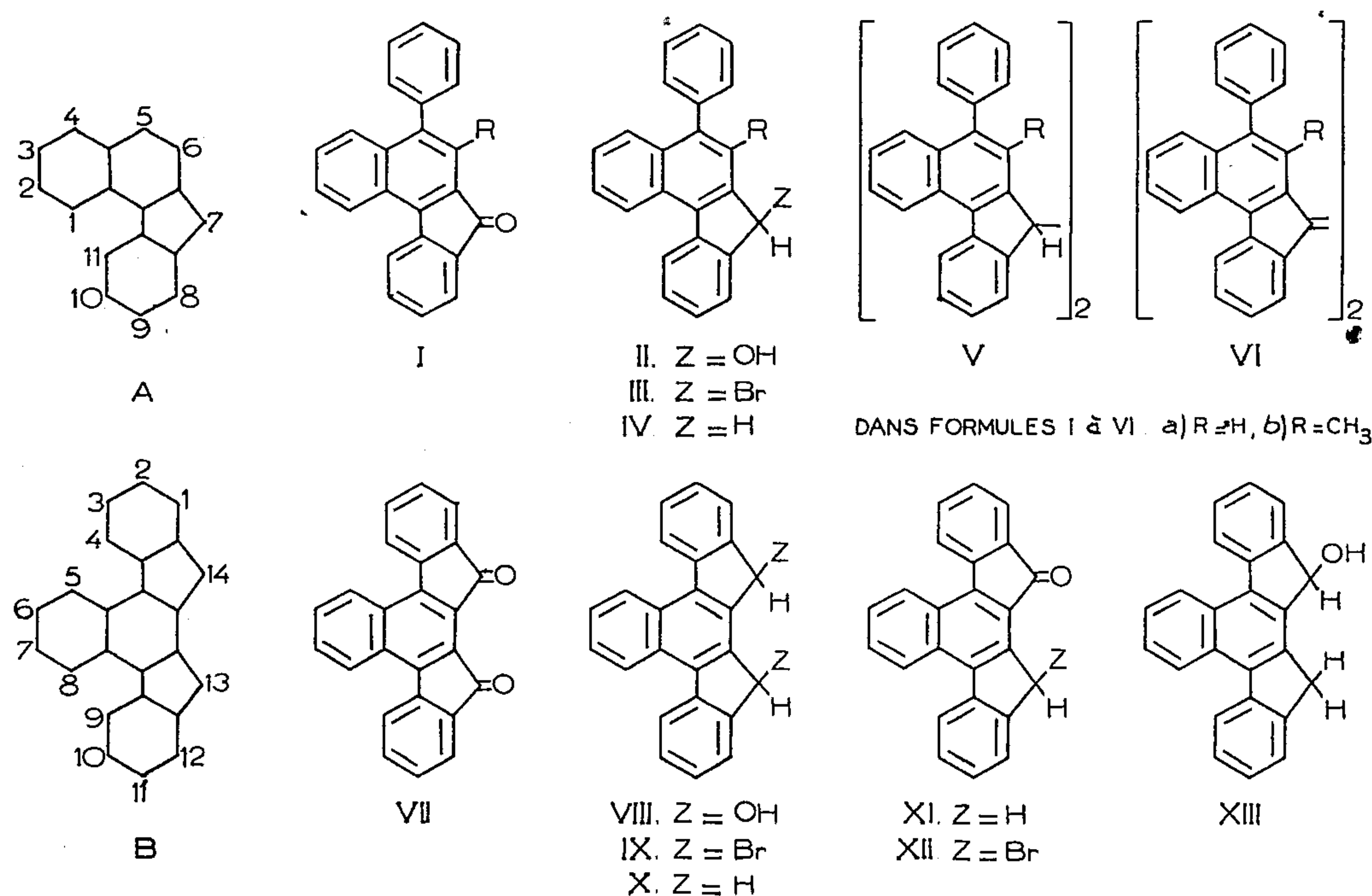
(2) R. Weiss, A. Abeles et E. Knapp, *Monatsh.*, 61, 1932, p. 162.

(3) *American Chemical Abstracts*, 1937-1946, p. 4245; 1952, p. 12615 et 13177.

(4) A. Étienne, A. Spire et E. Toromanoff, *Bull. Soc. Chim.*, 19, 1952, p. 750.

(5) A. Étienne et Y. Fellion, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1429.

(xylène), F_{inst} 365-366°. Ces corps ont pu être obtenus, d'ailleurs, par action du zinc dans le benzène anhydre sur les mêmes dérivés bromés. Une autre réaction de doublement, donnant cette fois un dérivé fluorénylidénique, a été réalisée avec le bromofluorène III *a* et la potasse méthylique en présence de dioxane; elle conduit, en effet, au diphényl-5.5′ *bis* 7H benzo [*c*] fluorénylidène-7.7′, VI *a*, $C_{46}H_{28}$, microlosanges rouge foncé (benzène), F_{inst} 280°, mélangé à un peu de fluorénone I *a*, provenant de l'autoxydation du benzofluorénol II *a*, formé par hydrolyse partielle. Il est à noter que, dans le cas du bromofluorène III *b*, la même réaction (alcali, dioxane) fournit surtout un mélange du produit *bis*-fluorénylique V *b*, et de la fluorénone I *b*.



Comme autres réactions des bromofluorènes III *a* et III *b*, signalons que ceux-ci se transforment, par ébullition dans l'acide acétique en présence d'acétate de potassium, en les dérivés acétylés correspondants : le phényl-5 acétoxy-7 7H benzo [*c*] fluorène, $C_{25}H_{18}O_2$, F_{inst} 127-129°, et son dérivé méthylé-6, $C_{26}H_{20}O_2$, F_{inst} 178-179°, cristaux incolores (éthanol).

B. ***Dérivés du benzo** [c] **indéno** [2,1-a] **fluorène** (fig.* B). — La benzo [*c*] indéno [2,1-*a*] fluorénedione-13.14, VII, déjà décrite ([2]) permet d'accéder facilement par réduction (BH_4K dans le méthanol et le chloroforme) au diol correspondant : le dihydroxy-13.14 dihydro-13.14 benzo [*c*] indéno [2,1-*a*] fluorène, VIII, $C_{24}H_{16}O_2$, aiguilles jaune très pâle, F_{inst} 310-313°. Comme les benzofluorénols II *a* et II *b*, ce diol est très autoxydable en milieu alcalin et se transforme en l'indéno-fluorénedione VII.

Une réaction de dismutation, présentant quelques analogies avec celle des benzofluorénols signalée plus haut, peut également avoir lieu avec le diol VIII; toutefois la dismutation est ici intramoléculaire. Ainsi le benzofluorènediol VIII, donne, à la fusion, ou mieux dans le naphtalène bouillant, sous vide, l'hydro-14 benzo [c] indéno [2,1-a] fluorénone-13, XI, $C_{24}H_{14}O$, bâtonnets rouge orangé (xylène), F_{inst} 255°. Celle-ci, par oxydation (SeO_2 acétique), fournit la difluorénone VII et traitée par la N-bromosuccinimide dans le tétrachlorure de carbone, elle conduit à la bromo-14 hydro-14 benzo [c] indéno [2,1-a] fluorénone-13, XII, $C_{24}H_{13}OBr$, aiguilles orangé rouge (xylène), F_{inst} 252-253° (également oxydable par SeO_2 en dione VII). Enfin, par réduction (BH_4K dans l'éthanol et le chloroforme à l'ébullition), elle donne l'hydroxy-13 dihydro-13.14 benzo [c] indéno [2.1-a] fluorène, XIII, $C_{24}H_{16}O$, aiguilles incolores (dioxane), F_{inst} 263-264°.

Par ailleurs, l'indénofluorènediol VIII, traité par l'acide bromhydrique acétique, donne le dibromo-13.14 dihydro-13.14 benzo [c] indéno [2,1-a] fluorène, IX, $C_{24}H_{14}Br_2$, prismes jaunes (dioxane), F_{inst} 315-318°, lequel, par réduction (zinc, acide acétique), fournit l'hydrocarbure correspondant : le dihydro-13.14 benzo [c] indéno [2,1-a] fluorène, X, $C_{24}H_{16}$, bâtonnets incolores (xylène) F_{inst} 218-219°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de la réaction de Willgerodt (méthode de Kindler)*. Note de MM. **Georges Dupont**, **Raymond Dulou**, Mlle **Geneviève Clément** et Mme **Noémi Garcia Martinez**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Nous avons utilisé la réaction de Willgerodt avec la modification de Kindler ([1]), dans le but de préparer facilement l'acide undécanoïque. Cette méthode a déjà été appliquée à la préparation d'acides importants ([2]), ([3]), par l'intermédiaire de leur thiomorpholide. En général, cette réaction s'applique aux cétones méthylées ou éthylées ainsi qu'aux carbures éthyléniques ou acétyléniques ([4]).

La méthode de Kindler consiste dans l'action du soufre et de la morpholine sur une cétone (méthylcétone par exemple). Nous avons appliqué cette réaction à la méthylnonylcétone qui est de préparation courante dans la chimie des parfums synthétiques.

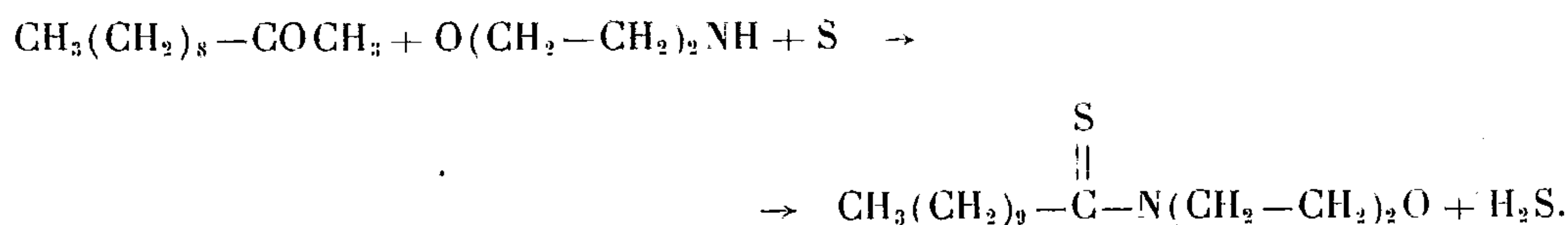
([1]) *Organic Reactions*, p. 83, J. Wiley et Sons, New York, 1947.

([2]) Weitzenböck et Lieb, *Monatsh*, 33, 1912, p. 556.

([3]) Fieser et Kilmer, *J. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 1354.

([4]) Gerry et Brown, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 740.

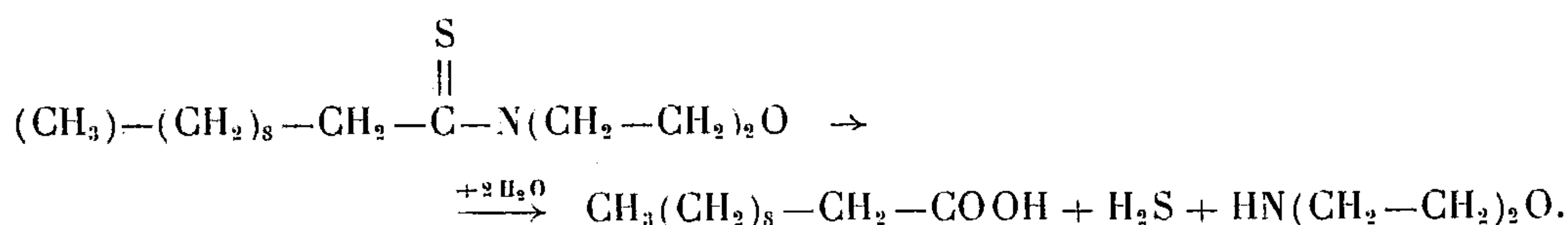
Par chauffage du mélange pendant 10 h à reflux, on obtient la thiomorpholide de l'acide undécanoïque avec un rendement de 61 %.



$$CH_3(CH_2)_8-COCH_3 + O(CH_2-CH_2)_2NH + S \rightarrow CH_3(CH_2)_9-\overset{S}{\overset{\|}{C}}-N(CH_2-CH_2)_2O + H_2S.$$

Cette combinaison est cristallisée en aiguilles roses, solubles dans la plupart des solvants organiques. Nous l'avons purifiée par cristallisation dans l'alcool aqueux, F 50°.

Par hydrolyse de la thiomorpholide par une solution d'acide sulfurique à 65 % ([5]) l'acide undécanoïque est obtenu avec un rendement de 78 %.



$$(CH_3)-(CH_2)_8-CH_2-\overset{S}{\overset{\|}{C}}-N(CH_2-CH_2)_2O \rightarrow \xrightarrow{+2H_2O} CH_3(CH_2)_8-CH_2-COOH + H_2S + HN(CH_2-CH_2)_2O.$$

Il est purifié par recristallisation dans l'acétone à — 10°, F 29° ([6]).

Analyses. — 1° Thiomorpholide : $C_{15}H_{29}NOS$, calculé %, C 66,42; H 10,72; N 5,16; S 11,81; trouvé %, C 65,64; H 10,61; N 4,33; S 11,46.

2° Acide undécanoïque : $C_{11}H_{22}O_2$, poids moléculaire par acidimétrie, calculé 186,2; trouvé 185,9. Analyse de $C_{11}H_{22}O_2$, calculé %, C 70,92; H 11,83; trouvé %, C 70,54; H 11,10.

Remarque. — Dans l'essai de la réaction de Kindler avec des carbures terpéniques tels que nopinène, pinène et camphène, on obtient un volumineux précipité cristallisé laissant apparemment croire que cette réaction est possible. Nous avons isolé un produit (F 260-261°) très difficile à purifier car il est très peu soluble dans les solvants usuels, donc impossible à purifier par chromatographie. Nous sommes vraisemblablement en présence d'un mélange de monosulfure et de polysulfures de morpholine, les polysulfures ayant une formule telle que : $O(CH_2-CH_2-N)_2S_x$. D'après les analyses x est intermédiaire entre 1 et 2.

La désulfuration de ce produit par le nickel Raney libère la morpholine qui peut être extraite sous forme de chlorhydrate. Nous signalons donc cette réaction secondaire qui jusqu'à présent n'avait pas été précisée ([7]), et que l'on obtient également dans l'action directe du soufre sur la morpholine.

([5]) Mac Millan, *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 869.

([6]) *Fatty Acids*, Klare Markley, Interscience Publishers Inc., New York, 1947, p. 114.

([7]) Porter, *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 127.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des méthylène*-bis-*amides*. Note (*) de MM. **André Cannepin** et **André Parisot**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les méthylène-*bis*-amides, préparées jusqu'à présent par action du formaldéhyde soit sur un nitrile, soit sur un amide, peuvent également être obtenus par réaction d'un chlorure d'acide sur l'hexaméthylènetétramine.

Les méthylène-*bis*-amides R—CONH—CH_2—NHCO—R décrits jusqu'à présent sont obtenus par les deux procédés suivants :

a. Action du formaldéhyde sur un nitrile, en présence d'un excès d'acide sulfurique concentré, à la température ambiante ([1]), ([2]), ([3]).

b. Action du formaldéhyde sur un amide, soit en utilisant un acide minéral comme catalyseur ([2]), ([4]), soit en présence d'acide acétique ([5]).

Les méthylène-*bis*-amides peuvent également être obtenus par l'action de l'hexaméthylène-tétramine sur les chlorures d'acides. Jusqu'à présent, cette réaction était considérée comme conduisant soit à des « composés d'addition instables » ([6]), ([7]), soit à la trialcoyltriméthylènetriamine et à la trialcoyldiamidodiméthylamine lorsqu'elle était effectuée en présence d'une lessive de soude ([8]).

En mettant en œuvre les chlorures de divers acides de la série grasse, il a été constaté que l'addition d'un chlorure d'acide RCOCl à une solution d'hexaméthylène-tétramine dans le chloroforme par exemple provoque une réaction exothermique avec formation rapide d'un précipité composé en partie de chlorhydrate d'hexaméthylène-tétramine. La solution chloroformique, évaporée sous vide, laisse comme résidu des cristaux de $N_4(CH_2)_6$, HCl et une substance huileuse ou pâteuse (selon la longueur de la chaîne RCO—). Cette substance huileuse évolue dans le temps. En particulier, lorsqu'elle est dissoute dans de l'alcool aqueux additionné d'un peu d'acide chlorhydrique, il se dépose au bout de quelques heures, ou de quelques jours, des cristaux blancs de méthylène-*bis*-amide. Les rendements sont en général moins bons que dans les préparations à partir des amides.

(*) Séance du 5 juillet 1954.

([1]) Hepp et Spiess, *Ber.*, 9, 1876, p. 1424.

([2]) I. G. Farben, Brevet français, n° 792.589, 1935.

([3]) Magat, Faris Reith et Salisbury, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 1028.

([4]) Pulvermacher, *Ber.*, 25, 1892, p. 311.

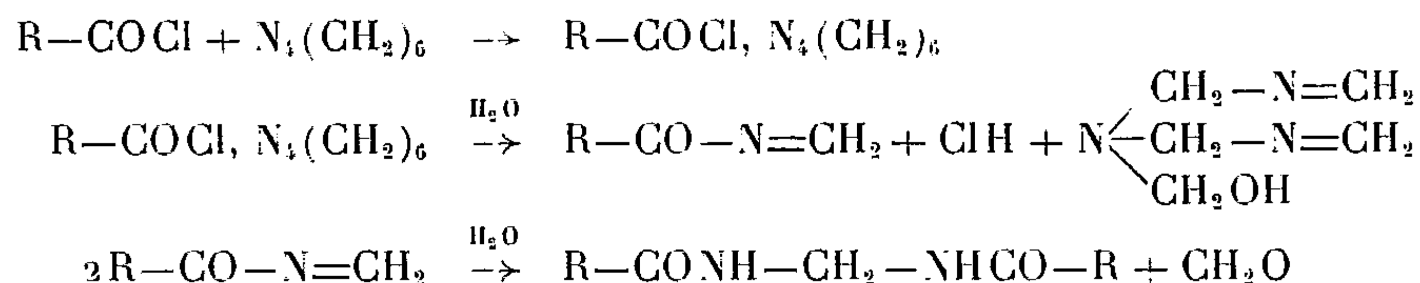
([5]) Noyes et Forman, *J. Amer. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 3493.

([6]) K. Freudenberg et D. Peters, *Ber.*, 52, 1919, p. 1467.

([7]) L. Hartung, *J, Prakt. Chemie*, 46, 1892, p. 1.

([8]) Duden et Scharff, *Liebigs Ann.*, 288, 1895, p. 247.

Le mécanisme de cette réaction, encore en cours d'élucidation doit être rapproché de celui de la synthèse de Sommelet ([9]); il serait alors le suivant :



Par exemple, le méthylène-*bis*-lauramide est obtenu par action du chlorure de lauroyle sur l'hexaméthylène-tétramine en solution chloroformique.

Le rendement en produit brut (F 150°C) est de 20 %.

Après recristallisation dans l'alcool, le benzène ou le dioxane, la substance fond à 156-157°C.

Analyse :

	C.	H.	N.	Masse moléculaire (cryométrie/camphre).
Calculé	73,17	12,19	6,83	410
Trouvé	72,81	12,36	6,72	381 et 397

Le spectre d'absorption de ce composé dans l'infrarouge présente les bandes d'absorption caractéristiques de la fonction amide monosubstituée à 3,04, 6,14 et 6,52 μ.

GÉOLOGIE. — *Présence de Miocène marin dans les Nefza (Tunisie Septentrionale).* Note (*) de M. **Charles Gottis**, présentée par M. Paul Fallot.

Le Miocène (Burdigalien supérieur et Helvétien) est transgressif dans les Nefza sur le Numidien et sur une partie des formations continentales qui dans le Nord de la Régence contiennent les minerais de fer et des coulées de roches éruptives. La série continentale dont le sommet est pontien pourrait donc représenter tout le Miocène.

Le littoral Nord de la Tunisie montre, de la frontière à Bizerte, les alternances argilogréseuses du Numidien. On sait que la partie supérieure de cette formation n'est pas datée avec certitude, et qu'elle peut représenter, soit le sommet du Néonummulitique, soit la base du Miocène ([1]). Les seules roches connues la surmontant sont des sédiments lacustres et continentaux, épais de plusieurs dizaines de mètres et dont le sommet a livré à Douaria ([2]) une faune

([9]) *Comptes rendus*, 157, 1913, p. 854; 174, 1922, p. 687.

(*) Séance du 5 juillet 1954.

([1]) G. Gottis, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1059.

([2]) F. Roman et M. Solignac, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1649.

de Mammifères typique du Pontien. Jusqu'à présent dans cette région, on n'avait jamais mis en évidence de dépôts marins postnumidiens. C'est dans les Nefza, où l'Oligocène a été très érodé, et à proximité du littoral actuel (4 à 6 km), que j'ai trouvé les traces de tels sédiments.

Les affleurements, visibles sur plus de 4 km de long et 1 km de large aux deux flancs du diapir Rhoumd er Roumel-Mokta el Hadid, sont inversés au contact du Trias. Ils comprennent des alternances de marnes et de minces horizons détritiques à la base, puis des conglomérats souvent très grossiers et des grès sableux au sommet.

Sur le versant sud de la structure, les marnes inférieures sont au contact direct du Trias. Épaisses d'une centaine de mètres, avec passées trés ligniteuses vers la base, elles sont régulièrement subdivisées par trois horizons gréseux et conglomératiques. Le complexe gréseux du sommet débute par un conglomérat très grossier qui remanie les formations antérieures. Ce niveau puissant de 2 à 5 m contient des galets pouvant atteindre 50 cm de diamètre. Les plus abondants proviennent du Numidien, mais on y rencontre aussi de nombreux éléments empruntés aux calcaires de l'Éocène et du Maestrichtien ce qui traduit l'action d'une érosion intense. Plus rares sont les galets provenant du Trias. Certains échantillons calcaires montrent des perforations dues à des Lithophages. Puis viennent 100 m de grès à ciment calcaire.

Sur le flanc nord, la base de la formation (argiles, ici gypseuses, et conglomérats) est transgressive sur les alternances de calcaires lacustres, de minerai de fer et de coulées éruptives appartenant au complexe continental qui repose généralement sur le Numidien. Ici, ces roches se retrouvent remaniées dans le gros banc de conglomérat. Ce fait a été observé pour la première fois par J. Cassedanne (3), et j'ai pu renouveler cette observation.

Conglomérats et grès sont fossilifères. Les fossiles se rencontrent principalement dans le gros banc de conglomérat et dans la base des grès. Ils sont malheureusement très mal conservés en général. J'y ai recueilli : Lamellibranches : pectens, pétoncles, huîtres et pholades indéterminables; Polypiers : *Heliastræopsis mellahica,* Grégory *sp.* (détermination de M. J. Alloiteau); Echinodermes :*Amphiope dallonii* Lambert (détermination de Mme Arnould-Saget); Microfaune : extrêmement pauvre et remaniée (étude de M. F. Dalbiez).

D'après M. J. Alloiteau, *Heliastræopsis mellahica* indique un âge burdigalien supérieur ou helvétien inférieur. Les Amphiopes n'ont été trouvées en Tunisie que dans le Burdigalien et *Amphiope dallonii* est une espèce des grès de base de l'Helvétien de Tliouanet. On peut sans trop s'avancer attribuer cette formation au Miocène inférieur ou à la base du Miocène moyen.

Conclusions. — Il semble que l'on puisse admettre dans cette région, consi-

(3) *Étude géologique des permis de l'Oued ez Zouara* (*Archives inédites de la Société des Mines de Penarroya*, juin 1952).

dérée jusqu'à présent comme émergée au Burdigalien, l'existence d'un petit golfe. Cette constatation est en parfait accord avec les observations faites en Algérie par J. Hilly ([4]). Elle permet de dater le toit du Numidien comme oligocène tout à fait supérieur et la surrection générale du flysh comme s'étant produite à l'Aquitanien.

En outre, la présence de Burdigalien supérieur, transgressif sur une partie tout au moins des sédiments attribués autrefois au Pontien, permet d'assigner aux coulées volcaniques et aux minerais contenus à la base de cette série, un âge burdigalien inférieur. Il est probable que tout le Miocène est représenté dans l'ancien Pontien des Nefza.

GÉOLOGIE. — *Observations sur le Sénonien des environs de Tunis.* Note de M. **André Jauzein**, transmise par M. Pierre Pruvost.

L'existence constante d'une série continue du Sénonien, comparable à celle du faciès centro-tellien, rend caduque la considération d'un faciès tunisois caractérisé par une lacune du Santonien et du Campanien, entraîne l'attribution au Santonien de couches considérées comme maestrichtiennes et conduit à la révision d'un certain nombre de types paléontologiques créés en Tunisie.

Des études récentes à l'échelle du 1/20 000e ont permis de préciser la série du Crétacé supérieur des environs de Tunis. La région prospectée est limitée à une ligne passant par Djedeida, Tébourba, Medjez el Bab, Bou Arada, Pont du Fahs, Zaghouan, Hammam Lif.

Toutes les coupes étudiées nous ont donné la succession suivante, de bas en haut :

1. Marnes et calcaires argileux en transgression directe sur le Cénomanien. Nombreux Oursins et quelques Ammonites ([1]) .... 50-150 m
2. Marnes beiges devenant gris-bleuté vers le haut 400-500
3. Marnes avec intercalations de calcaires argileux 20- 80
4. Calcaires et calcaires argileux blancs 20-120
5. Marnes avec intercalations de calcaires argileux 40-200
6. Marnes brunes ou noires de transition Crétacé-Eocène 10- 50
7. Couche phosphatée et glauconieuse 1-5
8. Calcaire éocène à alternances marneuses, avec une ligne de rognons siliceux à la base et les récurrences phosphatées.

La faune des assises 1 comprend des Échinides de la base de la Scaglia italienne, des Ammonites de l'Inde (Valudayoor Beds) et des Ammonites dont les types sont purement tunisiens.

([4]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1073.

([1]) M. Solignac, *Étude géologique de la Tunisie Septentrionale*, Tunis, 1927, p. 193-220.

Le dernier banc, crayeux, de l'assise 4 contient toujours *Inoceramus regularis* d'Orb. et des Échinides, *Stegaster altus* Seunes en particulier.

Ainsi nous avons pu mettre en évidence la présence constante des calcaires crayeux dits « campaniens », séparés des calcaires argileux à Échinides par une épaisseur importante de marnes.

Si l'on compare cette coupe aux séries sénoniennes connues, on voit qu'elle est très voisine de la coupe du Djebel Nara ([2]) et qu'elle ne diffère de la coupe du Kef ([3]) que par la présence d'une série plus calcaire et plus fossilifère à la base ainsi que par l'existence d'une seule barre de calcaire crayeux.

La barre supérieure du Kef, à *Inoceramus regularis*, étant considérée comme maestrichtienne, on peut admettre :

— que les calcaires crayeux des environs de Tunis comprennent le Campanien supérieur et le Maestrichtien inférieur;

— que le Campanien débute par les premières alternances de calcaires argileux, 3;

— que la zone fossilifère à Échinides et Ammonites est santonienne ainsi que la plus grande partie des marnes 2 qui lui succèdent.

— que la sédimentation a été continue au moins depuis le Santonien jusqu'à l'Éocène.

La succession des terrains du Sénonien de la région de Tunis est ainsi comparable à celle du faciès centro-tellien et il n'est nullement nécessaire d'envisager un faciès « tunisois » particulier qui correspondrait, selon la définition de M. Solignac ([4]), à une lacune du Santonien et du Campanien.

G. Castany ([5]) le signalait déjà dans la partie orientale du Djebel Oust, à la limite de notre région.

Ces remarques ont des répercussions paléontologiques importantes, des auteurs, en particulier M. Solignac, ayant été amenés à considérer comme maestrichtienne cette faune à affinités santoniennes, en raison soit de la rareté des affleurements du calcaire « campanien », soit de la confusion entre les deux barres « campanienne » et éocène.

Les critères de discrimination peuvent être groupés comme suit :

1. Les calcaires du Campanien-Maestrichtien sont en général plus tendres et plus crayeux que les calcaires éocènes, mais des conditions locales peuvent rendre cette détermination visuelle impossible, en particulier dans le cas de dolomitisation au contact des accidents gypseux diapirs.

2. Les bancs crayeux ne subissent aucune altération particulière sous

---

([2]) G. Castany, *Thèse* (*Annales des Mines et de la Géologie*, Tunis, n° 8, 1951, p. 220).

([3]) J. Bolze, P. F. Burollet et G. Castany, *XIXe Cong. Géol. Intern. Alger*, *Monographies Régionales*, 2e série, Tunisie, n° 5, 1952, p. 52.

([4]) *Loc. cit.*, p. 194.

([5]) *Loc. cit.*, p. 241.

l'action des eaux courantes, le toit des lits restant parfaitement régulier. L'érosion de l'Éocène donne des surfaces alvéolées irrégulières correspondant à des zones tendres parce que plus argileuses.

3. La cassure d'un échantillon éocène a presque toujours une forte odeur de carbures d'hydrogène.

4. La transition Santonien marneux à Campanien supérieur calcaire se fait par un processus régulier d'augmentation du nombre et de l'épaisseur des alternances de calcaires argileux. La barre éocène, en contact direct avec les marnes de transition, présente toujours une zone de base à aspect détritique avec phosphates et glauconie, et à quelques mètres plus haut une ligne de rognons de silex.

5. Un examen précis des couches supérieures de la barre crayeuse permet presque toujours de trouver des traces d'Inocérames. Des Rudistes inclus dans le calcaire fournissent parfois une diagnose certaine.

6. L'examen de la microfaune des marnes sous-jacentes ou des calcaires eux-mêmes reste la méthode de choix dans les cas litigieux.

Les études paléontologiques rendues nécessaires par ces remarques ont été entreprises par M[me] S. Arnould-Saget au Service Géologique des Travaux Publics de Tunis.

PÉTROGRAPHIE. — *Sur les roches éruptives basiques des montagnes de Kaw et de Roura (Guyane française).* Note de M. **Boris Choubert**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les montagnes de Kaw et de Roura, qui s'étendent entre les deux localités du même nom, ont une longueur de 35 km environ et sont orientées WNW-ESE. Elles sont délimitées à l'Est par la rivière de Kaw, à l'Ouest et au Sud par les vallées de l'Oyac, de l'Orapu et de la Counana. Quelque 15 km de plaines basses les séparent de la mer.

Cette région de collines représente les vestiges d'une ancienne pénéplaine qui se relève progressivement vers l'Est pour atteindre une altitude maximum de 350 m. Elle était jadis recouverte d'un manteau latéritobauxitique continu, dont l'érosion a laissé subsister des lambeaux importants.

Le soubassement est constitué par une série de chlorito-schistes, de schistes micacés, de quartzites, etc., avec intercalations de minerai de fer; il est traversé par un ensemble de roches éruptives : diorites, gabbros, pyroxénolites, dolérites : tout récemment ont été trouvées des serpentines, parfois riches en carbonates, qui représentent sans doute des péridotites fortement modifiées.

Certaines roches éruptives sont dans un parfait état de conservation. D'autres sont si profondément modifiées qu'il ne reste plus rien de leur composition primitive.

En dehors des petits massifs et filons doléritiques qui, là comme ailleurs en Guyane, sont d'époque relativement récente, il semble que plusieurs venues se soient succédé pendant une longue période du Précambrien.

Le massif de gabbro de la Gabrielle est constitué par des roches fraîches, contenant du labrador et deux pyroxènes : monoclinique (augite) et orthorhombique (hypersthène). On y trouve en outre des oxydes de fer en quantité importante, et un peu de hornblende.

Les pyroxénolites, qui représentent un faciès de différenciation du gabbro, sont également de très belles roches, composées d'augite et d'hypersthène. Ce dernier montre par endroits un début de serpentinisation. Le minerai est moins abondant que dans le gabbro et le plagioclase est rare.

Quant aux serpentines, il est impossible de dire actuellement si elles sont antérieures aux roches de la Gabrielle, ou contemporaines de celles-ci, tout au moins en partie. Certaines (n[os] 225 et 232) montrent sous le microscope une quantité importante de carbonates, qui se détachent sur un fond d'antigorite et de talc. Cette composition est confirmée par les résultats de l'analyse thermique, qu'en a faite M[lle] Caillère. Les courbes différentielles forment en effet deux crochets endothermiques, l'un vers 650° (antigorite), l'autre vers 1050° (talc).

	12 *Gabbro.* Montagne La Gabrielle.	11 *Pyroxénolite.* Fourgassié versant Nord.	134 *Serpentine.* Cr. Fourca aval camp B.	232 (*) *Serpentine à giobertite.* Cr. Patawa moyenne.	225 (**) *Serpentine à giobertite.* Haute crique Angélique environ camp A.
SiO_2	47,28	49,85	45,50	35,20	30,25
TiO_2	0,87	0,46	0,50	0,22	0,28
Al_2O_3	16,56	4,56	4,25	2,99	1,08
Fe_2O_3	6,84	4,28	7,25	3,88	10,10
FeO	5,79	4,99	5,05	7,01	0,40
MnO	0,14	0,13	0,07	0,158	0,18
MgO	8,20	16,43	30,40	30,89	34,00
CaO	10,37	16,72	1,75	0,84	0,15
Na_2O	2,93	1,17	tr.	0,12	0,10
K_2O	0,50	0,20	tr.	0,09	0,05
P_2O_5	–	0,01	tr.	0,12	0,10
H_2O + 100°	0,47	0,46	4,50	3,60	0,30
H_2O — 100°	0,04	0,03	0,60	0,02	0,10
CO_2	0,35	0,91	tr.	13,78	22,50
SO_3	n. d.	n. d.	n. d.	0,23	n. d.
Cr_2O_3	n. d.	n. d.	0,25	0,53	0,17
NiO	n. d.	n. d.	0,16	0,19	0,29
	100,34	100,20	100,28	99,868	100,05

(*) Échantillon récolté par M. Esneau, du Bureau Minier Guyanais.

(**) N[os] 12, 11, 134, 225, analyste : M. Patureau; n° 232, analyste : M. Vaugin.

La courbe thermique différentielle des mêmes échantillons fait, avant la décarbonatisation, un très grand crochet à 670°, dû sans doute à l'action commune de l'antigorite et de la giobertite, le crochet de 1050° (talc) étant peu modifié.

De plus le calcul effectué à partir de l'analyse pondérale indique qu'ils contiennent respectivement 43 et 25 % environ en poids de giobertite, 40 et 50 % de silicates hydratés de magnésie (1).

Par contre, un échantillon (n° 134) diffère des précédents parce qu'il ne coutient pas de carbonates et que l'ensemble antigorite-talc forme 80 % de la roche.

Il est intéressant de constater la présence du chrome et du nickel, qui n'avait pas encore été signalée en Guyane française. Ces métaux semblent confirmer l'origine magmatique de ces roches.

PÉDOLOGIE. — *Solubilisation du fer dans un sol par les extraits aqueux stériles de litières de Charme et de Pin silvestre.* Note de M. **Paul Lossaint**, présentée par M. Albert Demolon.

Les extraits aqueux stériles des feuilles mortes de Charme et de Pin sont étudiés au point de vue de leur aptitude à entraîner les sesquioxydes de fer dans un sol limoneux. Les résultats montrent que les extraits de litière sont capables de libérer des quantités de fer appréciables, le Charme étant plus actif que le Pin.

Bloomfield (1) a montré qu'en faisant agir des extraits aqueux de feuilles mortes de différents arbres forestiers sur un précipité d'hydroxyde de fer, des quantités relativement importantes de fer étaient solubilisées. Schnitzer et Delong (2) trouvent que ces extraits sont capables de libérer des ions ferriques fixés sur une résine synthétique échangeuse d'ions.

Dans le but de nous rapprocher davantage des conditions naturelles, nous avons recherché l'influence d'extraits aqueux de deux essences indigènes sur l'entraînement du fer dans un sol.

Dans ce travail préliminaire, nous avons utilisé les litières de *Carpinus betulus* et de *Pinus silvestris*, deux espèces très différentes quant à leur composition chimique comme le montre le tableau I).

Le tableau II montre que suivant la concentration des solutions utilisées, la quantité de fer libérée, exprimée en milligrammes Fe_2O_3 est loin d'être négligeable. La litière de Charme ayant une teneur en matières hydrosolubles

(1) Des serpentines à giobertite, analogues à celles-ci, ont été décrites par A. Lacroix (*Minéralogie de Madagascar*, 1, Paris, 1922, p. 285).

(1) C. Bloomfield, *J. Soil Sc.*, n° 1, 1953-1954.

(2) M. Schnitzer et W. A. Delong, *Scientific Agriculture*, 32, 1952, p. 680-681.

totales sensiblement double de celle du Pin, les extraits de ce dernier ont été préparés avec des quantités de feuilles deux fois plus grandes.

TABLEAU I.

Pour-cent des feuilles mortes séchées à 105°.

	Cendres.	CaO.	N total.	C total.	$\frac{N}{C}$.	Matières solubles éther.	Matière organiques hydro-solubles.	Matières minérales hydro-solubles.	CaO hydro-solubles.
Charme.....	5,48	1,46	1,53	47,6	31	6,0	24,8	2,8	0,58
Pin.........	2,62	0,98	1,16	52,5	45	13,6	13,0	1,3	0,1.

TABLEAU II.

	Concentration de l'extrait ‰ (grammes de fer par litre).	Concentration en matières hydrosol. ‰ (calculée).	pH.	mg Fe_2O_3 entraîné (*).	pH.	mg Fe_2O_3 entraîné (*).
Charme...	12,5	3,45	3,8	51,8	7,0	17,25
	7,5	2,1		27,3		15,41
	2,5	0,7		2,24		–
	1,0	0,3		2,17		–
Pin......	25	3,55	3,9	17,3	7,0	4,7
	15	2,15		3,24		1,74
	5	0,7		1,98		–
	2	0,3		1,12		–

(*) Le fer soluble apporté par les extraits a été déduit.

Dans ces conditions, bien qu'à concentrations semblables des solutions en matières hydrosolubles, le Charme libère des quantités de fer beaucoup plus importantes que le Pin.

Elles proviennent toutes les deux de la forêt du Herrenwald, établie sur sable siliceux très acide et ont été finement broyées. Les extraits ont été obtenus par macération des feuilles mortes non décomposées, pendant 24 heures à l'eau froide, puis 24 heures à l'eau chaude après adjonction de NaN_3 comme stérilisant. Après centrifugation les extraits sont dilués à deux litres.

Le sol mis en percolation provient de l'horizon inférieur d'un profil de limon sur loess d'Alsace. Il contient des traces de calcaire. Sa teneur en Fe_2O_3 libre est de 2,07 % ; 100 gr de ce limon disposés dans un tube de verre ont été percolés de façon continue avec des extraits à différentes concentrations, le sol restant constamment submergé, donc privé d'air grace à un réglage du débit. Chaque expérience a duré de 25 à 35 jours.

Le percolat est de couleur très foncée dans le premier cas et clair dans le second. De même après un mois de percolation, la terre traversée par l'extrait de Pin a gardé sa couleur originelle, celle qui a reçu l'extrait de Charme est devenue sensiblement plus foncée.

Pour tenter d'expliquer ces différences, nous avons recherché la présence d'acides libres volatils. Or, par distillation, ni les extraits de Charme, ni ceux de Pin ne libèrent d'acides.

Par contre l'acidité titrable est très élevée dans l'extrait de Charme (36 méquiv pour 100 g de feuilles utilisées à préparer l'extrait) tandis que pour le Pin la valeur n'est que de 8,7 %; ceci pour des extraits présentant un pH initial respectivement de 3,8 et 3,9.

Cette constatation nous a conduit à faire des expériences avec des solutions dont le pH a été préalablement ramené à 7 avec de la soude N/20. Dans ces conditions, et toujours en milieu stérile, les taux de fer libérés par percolation sont nettement moindres, mais restent cependant appréciables (*voir* tableau II).

Il semble donc que la solubilisation et le transport du fer par les extraits de feuilles mortes ne soient pas uniquement dus à leur acidité, mais en outre, si l'on admet avec les auteurs récents ([1]), ([2]), ([3]) que le fer migre à l'état de complexe ferreux, à un pouvoir réducteur et complexant très marqué de ces solutions. C'est ce que nous nous proposons de vérifier ultérieurement.

PHYSIOLOGIE. — *L'action du chlorhydrate de chloro-3 (diméthylamino-propyl)-10 phénothiazine sur l'activité électrique du tissu conducteur du cœur de Chien.* Note de MM. **Edouard Coraboeuf, René Distel**, Mme **Suzanne Lavigne** et M. **Jacques Boistel**, présentée par M. Léon Binet.

Des études concernant l'action cardiaque du chlorhydrate de 3(diméthyl-amino-3′ propyl)-10 phénothiazine (chlorpromazine, 4560 RP) ont été effectuées chez les Batraciens et chez les Mammifères ([1]) et ([2]). Par ailleurs la pratique chirurgicale fournit quelques renseignements sur l'action cardiaque des adjuvants de l'anesthésie ([3]), ([4]).

Nous nous sommes attachés à déterminer ici les effets du 4560 RP sur l'activité électrique des fibres du tissu conducteur (cœur de Chien) battant spontanément, dont nous avons suivi l'activité électrique à l'aide de micro-électrodes intracellulaires ([5]). La préparation est baignée par un courant continu de Tyrode maintenu à la température de 37°. La drogue étudiée ajoutée dans les proportions convenables à la solution physiologique agit

([3]) R. Bétremieux, *Ann. Agron.*, 1951, p. 193-295.

([1]) S. Courvoisier, J. Fournel, R. Ducrot, M. Kolsky, P. Koetchet, *Arch. Int. Pharmacod. et Thérapie*, 92, 1953, p. 305.

([2]) C. Lian, J. Cahn, J. M. Melon, M. Dubrasquet, *Thérapie*, 8, 1953, p. 196.

([3]) C. Lian, J. Cahn, J. M. Melon, M. Dubrasquet, *Thérapie*, 8, 1953, p. 216.

([4]) H. Laborit, *Réaction organique à l'agression et au choc.*, Masson, édit, 1952.

([5]) E. Coraboeuf et J. Boistel, *C. R. Soc. Biol*, 147, 1953, p. 654.

pendant quelques minutes à la concentration désirée puis est entraînée par un débit accéléré de Tyrode pur.

Nous avons effectué la majorité de nos essais à pH 7,3 mais la lenteur de la mise en solution du 4560 RP et son insolubilité aux concentrations supérieures à 1/10 000 pour ce pH, nous ont conduit à effectuer quelques expériences à pH 6,3. L'interprétation des résultats dans ce cas est plus délicate, une telle acidification du milieu altérant déjà notablement le fonctionnement du tissu.

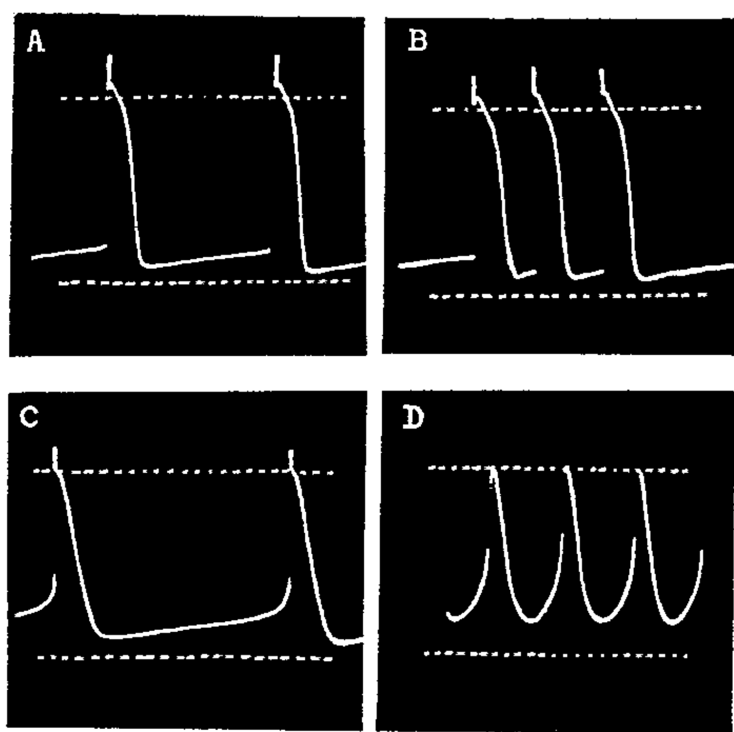


Fig. 1.

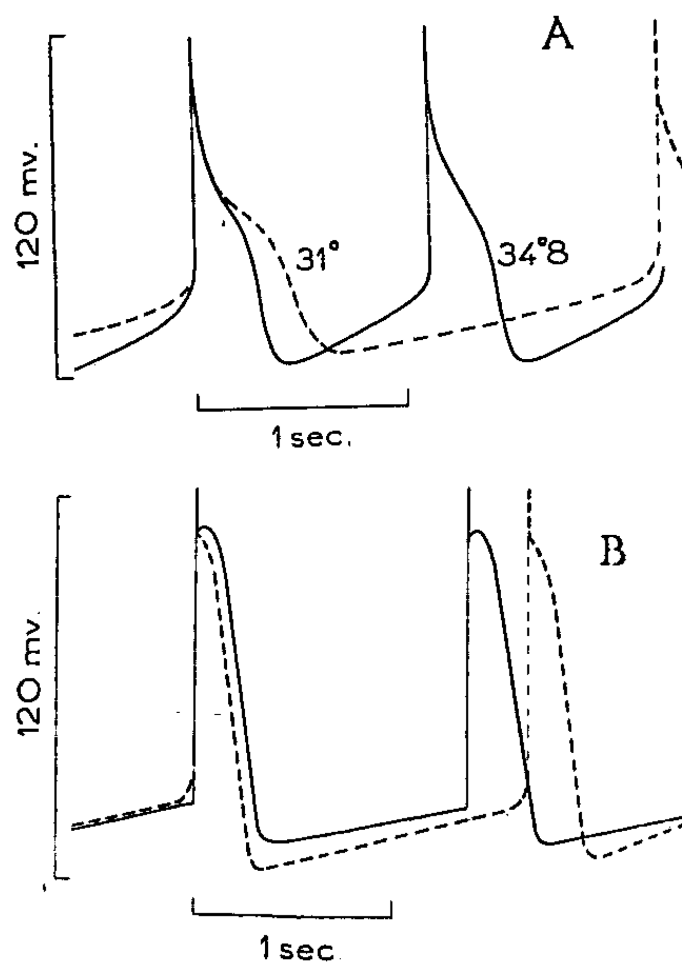


Fig. 2.

Fig. 1. — Action du 4560 RP au 1/2500 sur les fibres de Purkinje du cœur de Chien. Ligne pointillée supérieure : potentiel zéro, ligne pointillée inférieure : 100 mV.

Fig. 2. — Action comparée du refroidissement (A ; d'après Coraboeuf et Weidmann) et du 4560 RP à la phase de ralentissement du rythme (B) sur les fibres de Purkinje du cœur de Chien.

Au pH de 7,3 et dans des conditions d'équilibre ionique voisines de celles de l'organisme, l'activité électrique de la fibre de Purkinje normale n'est pas influencée par des concentrations inférieures ou égales à 1/75 000 (*fig.* 1 A).

Lorsque la concentration atteint 1/25 000 on observe au bout de quelques minutes une légère accélération du rythme accompagnée parfois d'irrégularités transitoires (*fig.* 1 B).

Des passages répétés à cette concentration produisent une faible diminution de la durée du potentiel d'action avec élévation du seuil, baisse corrélative de l'amplitude de la réponse et ralentissement du rythme (*fig.* 1 C et 2 B).

Il est à noter que ce ralentissement diffère nettement de celui provoqué par le froid, lequel peut ne s'accompagner d'aucune hausse de seuil et coïncide toujours avec un allongement marqué du potentiel d'action (*fig.* 2 A).

Si l'on continue à soumettre la fibre de Purkinje à des passages répétés dans le Tyrode additionné de 1/25 000 de 4560 RP, on observe une baisse progressive du potentiel de membrane et une altération du tracé du potentiel d'action jusqu'à l'obtention d'un rythme rapide, où la phase ascendante est aussi longue que la phase descendante et que nous avons appelé « flutter » (*fig.* 1 D). Ce « flutter » décroît peu à peu en amplitude jusqu'à cessation de toute activité électrique. Une fois le flutter obtenu, l'intoxication par le 4560 RP nous apparaît comme irréversible, en ce sens que des lavages répétés au Tyrode pur ne permettent pas dans les limites de durée de l'expérience de revenir aux tracés initiaux.

Les effets dus à une acidification relative du milieu rappellent ceux observés au cours d'une intoxication par le CO_2 à forte concentration ([6]) (« after potentiels », rythmes bi-puis trigéminés, « flutter »).

L'action du 4560 RP dans un tel milieu (à pH 6,3) accélère l'apparition du flutter dû à la baisse de pH mais paraît supprimer les phases intermédiaires telles qu' « after potentiels » et rythmes bigéminés.

En conclusion, la méthode des microélectrodes intracellulaires a permis d'étudier les modalités d'action du 4560 RP sur les fibres de Purkinje du cœur de Chien. A la concentration de 1/25000 le 4560 RP possède une action toxique propre qui diffère nettement du simple ralentissement provoqué par un abaissement de la température.

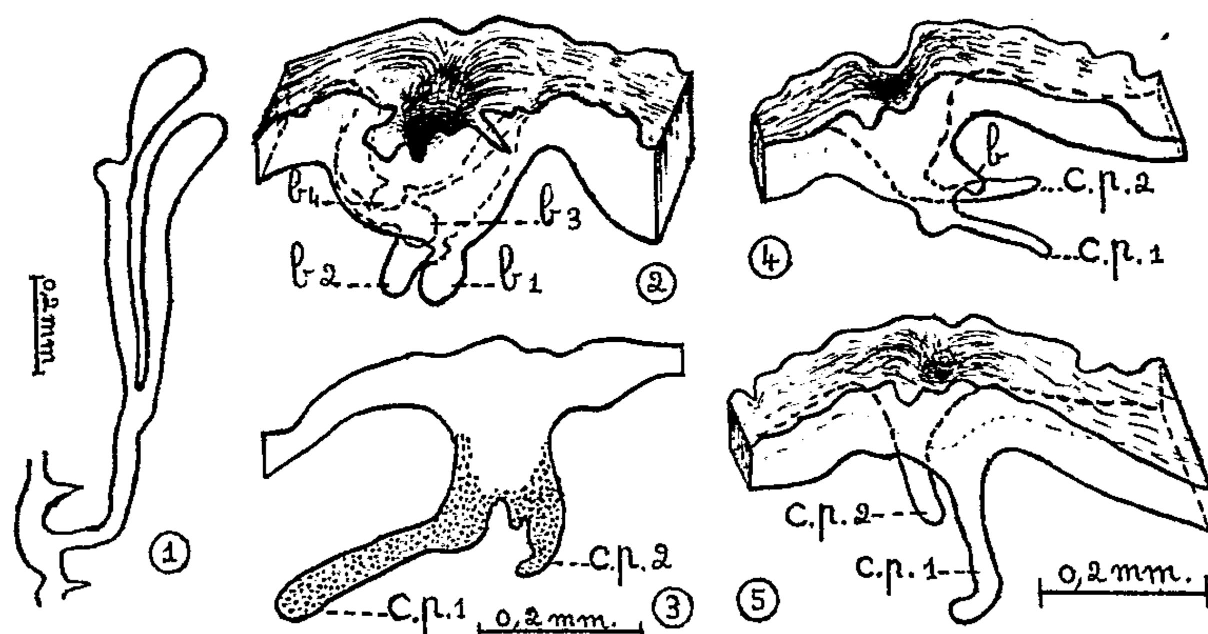
EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Transformation, sous l'influence d'une hormone œstrogène, des ébauches mammaires à cordon primaire unique, du fœtus de Souris, en ébauches à bourgeons multiples ou à deux cordons mammaires primaires.* Note de M. **Albert Raynaud** et Mme **Albert Raynaud** (née **Jeanne Chaulin-Servinière**), transmise par M. Jacques Tréfouël.

Parmi les transformations des ébauches mammaires provoquées, chez le fœtus de Souris, par les œstrogènes, deux d'entre elles (ébauches à bourgeons multiples ou à deux cordons mammaires) offrent un intérêt spécial : elles témoignent de la possibilité de transformation du type spécifique de structure de la mamelle, et permettent d'expliquer la formation de mamelles surnuméraires, par duplication d'une ébauche.

Chez le fœtus femelle de Souris, les bourgeons mammaires primitifs s'allongent régulièrement en donnant naissance à un cordon épithélial unique (cordon mammaire primaire, ébauche du canal galactophore) qui se bifurquera au 19e jour à son extrémité distale (*fig.* 1). Nous n'avons jamais observé d'exception à ce type de morphogénèse ([1]).

([1]) Par contre, chez le fœtus mâle de Souris, on observe parfois une dissociation, ou une ébauche de bourgeonnement, de la région distale du bourgeon mammaire qui va s'isoler dans le mésenchyme sous-épidermique.

Or, sous l'influence d'une hormone œstrogène injectée à la Souris gravide ([2]), ([3]) ou à l'embryon ([4]), nous avons observé des modifications profondes de cette morphogénèse mammaire : inhibition totale ou partielle du développement du bourgeon mammaire, ou de grosses malformations. Dans un certain nombre de cas, la transformation des ébauches mammaires, provoquée par l'œstrogène, est moins accentuée et aboutit à l'édification d'ébauches particulières à bourgeons multiples ou à deux cordons mammaires primaires; nous apportons, dans cette Note, une description de ces formations.



Ébauches mammaires de fœtus à terme : 1 — fœtus témoin; 2 à 5 — fœtus traités par un oestrogène; 2 : ébauche à bourgeons (b. 1 — b. 4) multiples; 3, 4, 5 : ébauches à deux cordons primaires (c. p. 1 et c. p. 2).

Les ébauches mammaires à bourgeons multiples présentent la morphologie suivante (*fig.* 2) : à la base d'une dépression épidermique, existent des cellules fortement basophiles qui, çà et là, ont donné naissance à de courts (30 à 60 μ environ) bourgeons mammaires; ces bourgeons, au nombre de 2 à 4, présentent des mitoses, et ont des positions variables.

Le deuxième type d'ébauches transformées est représenté sur les figures 3, 4 et 5 : dans ce cas, à la face profonde des ébauches, est localisé un matériel cellulaire fortement basophile qui a donné naissance à deux cordons mammaires; ces cordons mammaires primaires (futurs conduits galactophores) ont parfois une base commune ou voisine (*fig.* 3); d'autres fois, ils prennent naissance en des points distincts à la face inférieure de l'ébauche (*fig.* 4 et 5) et sont ainsi nettement séparés; mais dans tous les cas ils tirent origine du matériel mammaire basophile, groupé en amas ou étalé en mince lame, dans lequel est toujours implantée leur base; la longueur de ces cordons varie entre 150 et 300 μ.

([2]) A. Raynaud, *Ann. d'Endocr.*, 8, 1947, p. 318; *Bull. Soc. Zool.*, 74, 1949, p. 153.
([3]) A. Raynaud et J. Raynaud, *C. R. Soc. Biol.*, 148, 1954, séance du 22 mai.
([4]) A. Raynaud, *C. R. Soc. Biol.*, 146, 1952, p. 544.

environ; ils sont toujours plus courts que le cordon mammaire unique d'une ébauche normale (700 à 1100 μ).

Nous avons obtenu ces transformations des ébauches mammaires par l'injection à l'embryon âgé de 12 à 14 jours, de quantités de 50 à 150 γ de dipropionate d'œstradiol purissime (F 103-106° (bloc) et $[\alpha]_D + 35°$ (dioxane)); et aussi après injection à la Souris gravide, au 14e jour, de 200 γ environ, de cette hormone; nous avons actuellement observé sept ébauches à deux cordons mammaires primaires (chez quatre fœtus de sexe femelle appartenant à des portées différentes) et de nombreux cas d'ébauches à bourgeons multiples. Aucune modification mammaire n'a été observée chez les fœtus témoins, après injection d'huile d'olive.

Discussion. — Les transformations que nous avons obtenues, intéressent divers domaines de l'embryologie expérimentale :

Sur le plan zoologique, elles montrent qu'en agissant précocement, avec un agent approprié, sur l'ébauche mammaire, il est possible de transformer le plan spécifique de structure de cette mamelle en un type de structure mammaire différent, qui se rapproche du plan de structure de la mamelle d'autres espèces : à l'ébauche mammaire à cordon unique du fœtus femelle normal de Souris, nous avons substitué une ébauche à bourgeons multiples ou à deux cordons mammaires; or, chez de nombreux Mammifères, le bourgeon mammaire primitif donne naissance, suivant l'espèce considérée, à deux ou à plusieurs cordons mammaires; bien qu'elles se forment par un bourgeonnement irrégulier, les ébauches mammaires transformées de ces fœtus de Souris, se rapprochent donc, par leur structure, des mamelles à conduits galactophores doubles ou multiples, de divers Mammifères.

Sur le plan embryologique, nous assistons à une morphogénèse mammaire particulière et au début d'un processus de multiplication ou de duplication d'une ébauche : il semble, en effet, que dans certains cas, les cordons mammaires distincts, pourraient se séparer, en s'écartant au cours du développement postnatal, par suite de l'extension de la peau.

Sur le plan de la tératogénèse, ces résultats montrent : *a.* qu'une substance chimique pure (l'œstradiol) agissant à faible dose sur l'ébauche mammaire, peut provoquer un bourgeonnement ou une ramification exagérés de cette ébauche; *b.* que cette action peut vraisemblablement conduire à la duplication de l'ébauche : ainsi apparaît une explication (action sur les bourgeons mammaires du fœtus, d'hormones œstrogènes en excès dans l'organisme maternel ou fœtal), de la formation, chez la Femme et chez de nombreux Mammifères, de mamelles surnuméraires, au voisinage des mamelles normales.

BIOLOGIE. — *L'innervation cholinergique du muscle vésical.* Note (*) de M. **Louis Dumont**, présentée par M. Robert Courrier.

Il est généralement admis que l'innervation de la musculature vésicale est surtout de type parasympathique ([1]). La détection histochimique de l'acétyl-choline-estérase suivant la technique de G. Koelle ([2]), ([3]) peut être envisagée comme un moyen de mettre en évidence le caractère cholinergique de cette innervation et d'en individualiser les éléments constitutifs.

Nos recherches ont porté sur la vessie du Cobaye, du Rat, du Chien, du Veau et aussi de la Grenouille : coupes à congélation recueillies directement sur lamelles pour la vessie de Mammifère, étalements sur lamelles pour la vessie de Batracien.

Les résultats les plus nets ont été obtenus avec la vessie du Cobaye. On détecte de l'acétyl-choline-estérase :

1° dans les cellules ganglionnaires situées dans le chorion de la muqueuse;

2° dans des faisceaux de fibres nerveuses où les fibres cholinergiques sont mêlées à des fibres myélinisées dépourvues d'acétyl-choline-estérase.

3° au contact des fibres musculaires lisses, dans des éléments fins et allongés à section plus ou moins circulaire, parfois d'aspect finement granuleux ou vacuolaires. Dans les cas favorables, il est possible de distinguer le noyau du corps cellulaire d'où partent ces prolongements; mais il n'est pas possible de savoir s'ils sont anastomosés ou non. Ces prolongements cholinergiques présentent une orientation prépondérante parallèle à celle des fibres musculaires lisses. Dans une section, perpendiculaire à l'axe des fibres musculaires, on peut voir que ces prolongements sont très nombreux, dans la proportion moyenne de un prolongement cholinergique pour trois fibres musculaires lisses; il semble que chaque fibre musculaire soit en rapport avec un élément cholinergique (*fig.* 1).

Les éléments neurofibrillaires, que l'on a pu mettre en évidence par les techniques d'imprégnation argentique [Bodian, Van Campenhout ([4]), Bielchowski-Gros], sont beaucoup moins nombreux que les éléments cholinergiques (*fig.* 2).

Il est difficile, dans l'état actuel de nos connaissances, de se prononcer sur la nature exacte des éléments cholinergiques; on se heurte aux mêmes diffi-

(*) Séance du 5 juillet 1954.

([1]) J. F. Fulton, *Physiologie du système nerveux*, Vigot frères, éditeurs.

([2]) *J. Pharm. Experm. and Therap., U. S. A.*, 103, 1951, p. 153-171.

([3]) L. Dumont et M. Drouin, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 274.

([4]) *Stain Technology*, 28, n° 4, July, 1953, p. 195-200.

cultés d'interprétation que celles rencontrées à propos de l'innervation cholinergique du tissu nodal ([5]).

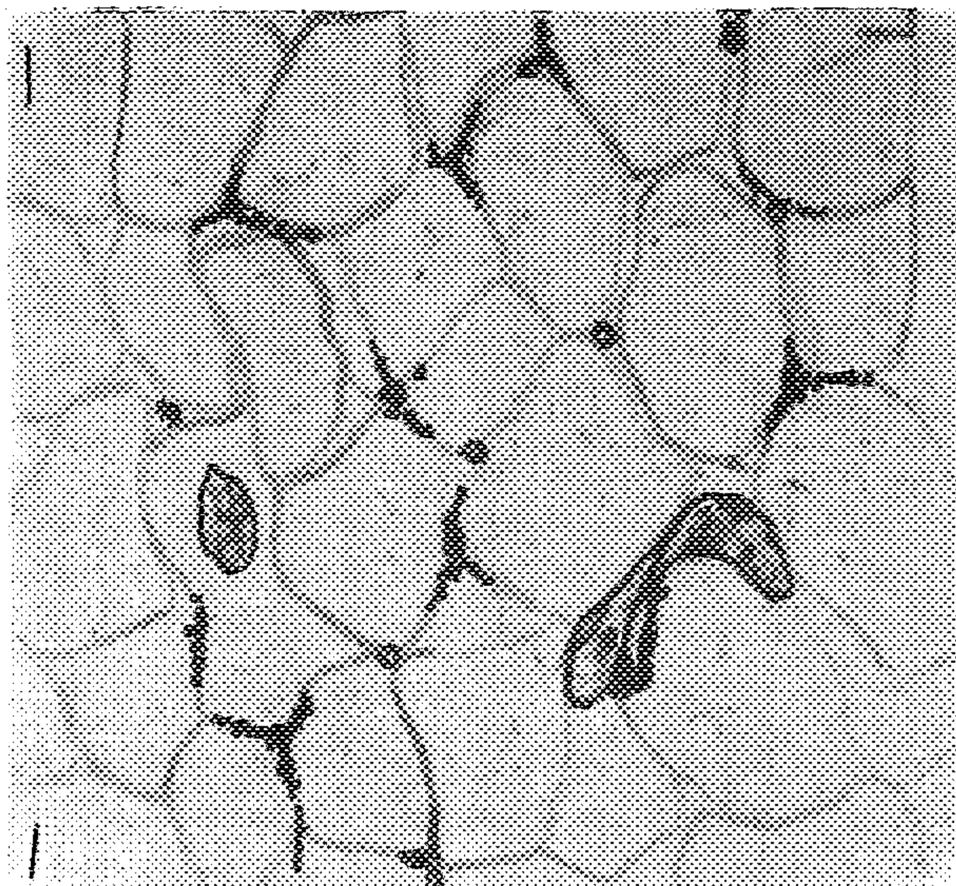


Fig. 1. — Dessin représentant la coupe transversale d'un faisceau de fibres musculaires lisses de la vessie du Cobaye et les éléments cholinergiques d'innervation mis en évidence par la technique de Koelle.

Dans la vessie de cobaye, l'intensité de la réaction histochimique de l'acétylcholine-estérase marquée par la densité du brunissement, est inférieure à celle

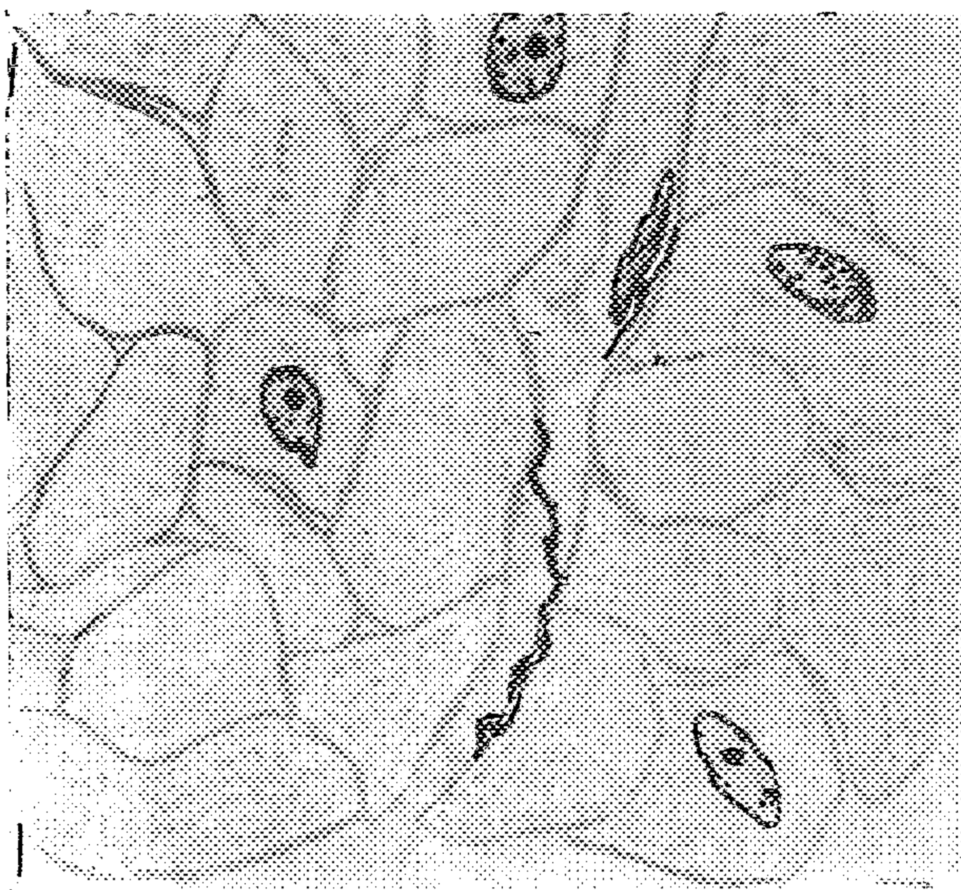


Fig. 2. — Même objet : Éléments neurofibrillaires de l'innervation mis en évidence par la technique de Bielchowski-Gros.

([5]) L. Dumont, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1263.

observée dans la plaque motrice ou dans le tissu nodal. L'augmentation du pH(6,6 ou 7) ou de la durée d'incubation (45 mn ou 1 h) n'accroît pas sensiblement cette intensité, mais provoque par contre une diffusion beaucoup plus importante.

Chez les autres mammifères expérimentés, on a obtenu des résultats qualitativement analogues mais quantitativement différents : les éléments cholinergiques semblent moins nombreux et la réaction à leur niveau est moins intense que chez le Cobaye.

Chez la Grenouille nous n'avons pas décelé d'éléments cholinergiques.

La technique de Koelle semble mettre en évidence une variation dans l'importance de l'innervation cholinergique d'un animal à l'autre.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la répartition des deux catégories d'œufs et la variation de la durée apparente du développement embryonnaire, au cours de la* ponte estivale, *chez le Phasme* (Clonopsis gallica *Charp.*). Note (*) de M. **André Voy**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La ponte estivale de l'année 1953, comporte 69 % des œufs de la ponte globale; elle se décompose en 76 % d'œufs de 1re catégorie et 24 % d'œufs de la 2e. La durée du développement embryonnaire apparent des œufs de la 1re catégorie, pondus les premiers est d'environ trois mois plus longue que celle des œufs pondus les derniers.

Une série d'observations sur les pontes des années précédentes a déjà permis de distinguer, dans la ponte globale d'un lot homogène de femelles de *Clonopsis gallica* Charp., deux parties successives, *estivale* et *automnale*, sans période intermédiaire de repos [1].

1° *Répartition des deux catégories d'œufs* (ponte de 1953). — 50 femelles, élevées dans les mêmes conditions, ont pondu, entre le 22 mai et le 30 octobre, 4 378 œufs. Ceux-ci, isolés quotidiennement dans des tubes conservés à la température du Laboratoire, ont été soumis à un choc thermique modéré (0° C), du 3 au 17 janvier 1954, pour rompre la diapause « prénatale ». Les éclosions printanières résultantes se sont étalées entre le 6 mars, pour les œufs du premier tube (22 mai) et le 15 avril, pour ceux du dernier (10 août), soit sur 40 jours.

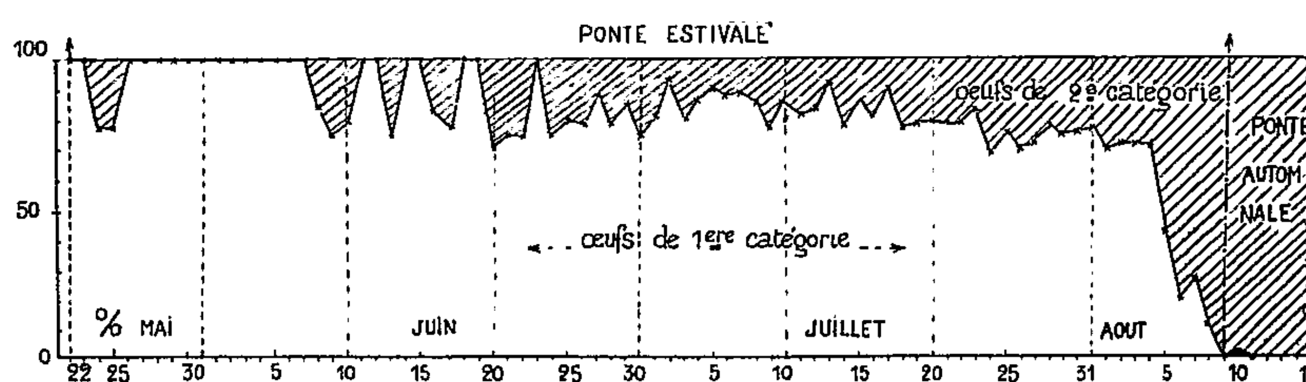
La *ponte estivale*, ainsi délimitée, comportait 3 036 œufs (69 % pe la ponte globale); le reste (31 %), constituait la *ponte automnale*. La première a fourni : 2 244 éclosions printanières (74 %), 42 œufs embryonnés non éclos (2 %), soit au total 2 316 œufs (76 %) de la première catégorie; le reste, 720 œufs (24 %), mirés, ne présentant aucune trace apparente

(*) Séance du 5 juillet 1954.

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 625.

de segmentation, forment les œufs de deuxième catégorie, en cours de diapause « préblastodermique ». Le pourcentage, par décade, des œufs de première catégorie est : mai (91), juin (91, 86, 85), juillet (85, 83, 75), août (35); il décroît régulièrement au cours de la période estivale, tandis que celui des œufs embryonnés non éclos reste constant pour les mêmes périodes : mai (3), juin (2, 3, 2), juillet (2, 3, 2), août (2); par contre celui des œufs de deuxième catégorie croît régulièrement : mai (4), juin (9, 12, 13), juillet (13, 14, 22), août (62).

Ces résultats se trouvent matérialisés dans le premier graphique.



Graphique 1. — Répartition quotidienne (%) des deux catégories d'œufs dans la ponte estivale de 1953.

Quelle est la cause de cette séparation en deux catégories ? La variation régulièrement décroissante des œufs de première catégorie indiquerait un vieillissement progressif de la lignée ovulaire dans les tubes ovariques, pouvant être imputé à des causes externes (durée de l'insolation), ou internes, d'ordre endocrinien (complexe rétro-cérébral ?). Il se traduirait par un retard dans les premières segmentations.

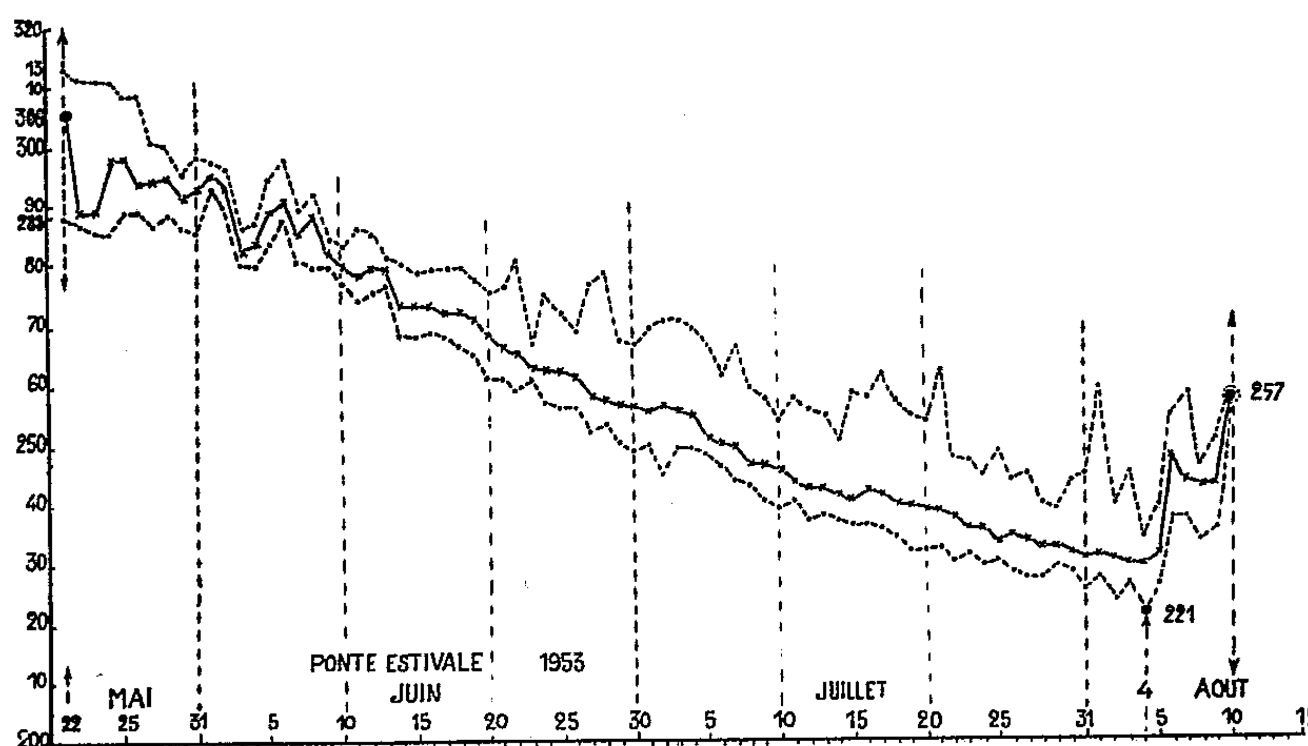
2° *Variation du développement embryonnaire apparent* (ponte de 1953). — La durée de la vie embryonnaire apparente est égale au temps écoulé entre le jour de la ponte et celui de l'éclosion. Alors que la *ponte estivale* s'étend sur 80 jours, du 22 mai au 10 août, la durée de la vie embryonnaire moyenne (définie par le mode), passe de 306 à 229 jours; elle diminue donc de 77 jours entre les premiers œufs pondus et les derniers. Les variations maxima et minima sont respectivement de 80 et 67 jours.

Au cours de la période estivale, la durée de la vie embryonnaire moyenne apparente, diminue respectivement, pour chaque décade d'un certain nombre de jours : mai (13), juin (13, 12, 11), juillet (11, 8, 7), août (1). La période critique au cours de laquelle la durée s'allonge commence le 4 août. Ensuite, il n'y a plus que des œufs à développement long (deuxième catégorie).

Ces résultats sont représentés dans le deuxième graphique.

Comment expliquer cette vie embryonnaire plus courte des derniers œufs de la *ponte estivale* ? Le vieillissement invoqué pour expliquer le

premier graphique ne semble pas devoir être utilisé pour le deuxième. Ils paraissent s'opposer et, cependant, doivent être liés. Faut-il rechercher



Graphique 2. — Variation de la vie embryonnaire apparente (maxima, moyenne, minima) au cours de la ponte estivale de 1953.

aussi une influence endocrinienne, ou externe (quantitative et qualitative des radiations ?). Des expériences sont en cours pour répondre à cette question.

PHYSICO-CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude potentiométrique et polarographique de la fixation de l'ion cadmium sur la sérumalbumine.* Note (*) de M. **Adam Kepes**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Le titrage potentiométrique de la sérumalbumine en présence de chlorures de cations bivalents montre un abaissement du pH plus important avec Cd qu'avec Ca, ce qui indique une fixation plus forte du premier. L'étude polarographique du Cd confirme ce fait et montre en outre que la fixation du Cd n'est pas une fonction simple du pH, ni du nombre d'ions H déplacés de la protéine.

Les métaux bivalents ont une forte tendance à former des complexes dissociables avec les acides aminés et les protéines. Certains de ces métaux ont une grosse importance biologique comme activateurs ou inhibiteurs de protéines enzymatiques. De nombreuses propriétés de ces complexes ont pu être expliquées par des théories faisant intervenir en plus des interactions électrostatiques et statistiques une constante de dissociation intrinsèque, la même pour tous les ions successifs fixés à la même molécule de protéine (1). Cepen-

(*) Séance du 5 juillet 1954.

(1) I. M. Klotz, F. M. Walker et R. B. Pivan, *J. Amer. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 1486.

dant, une analyse plus fine des phénomènes permet de distinguer des affinités différentes dans la fixation sur des groupements variés de la molécule protéique.

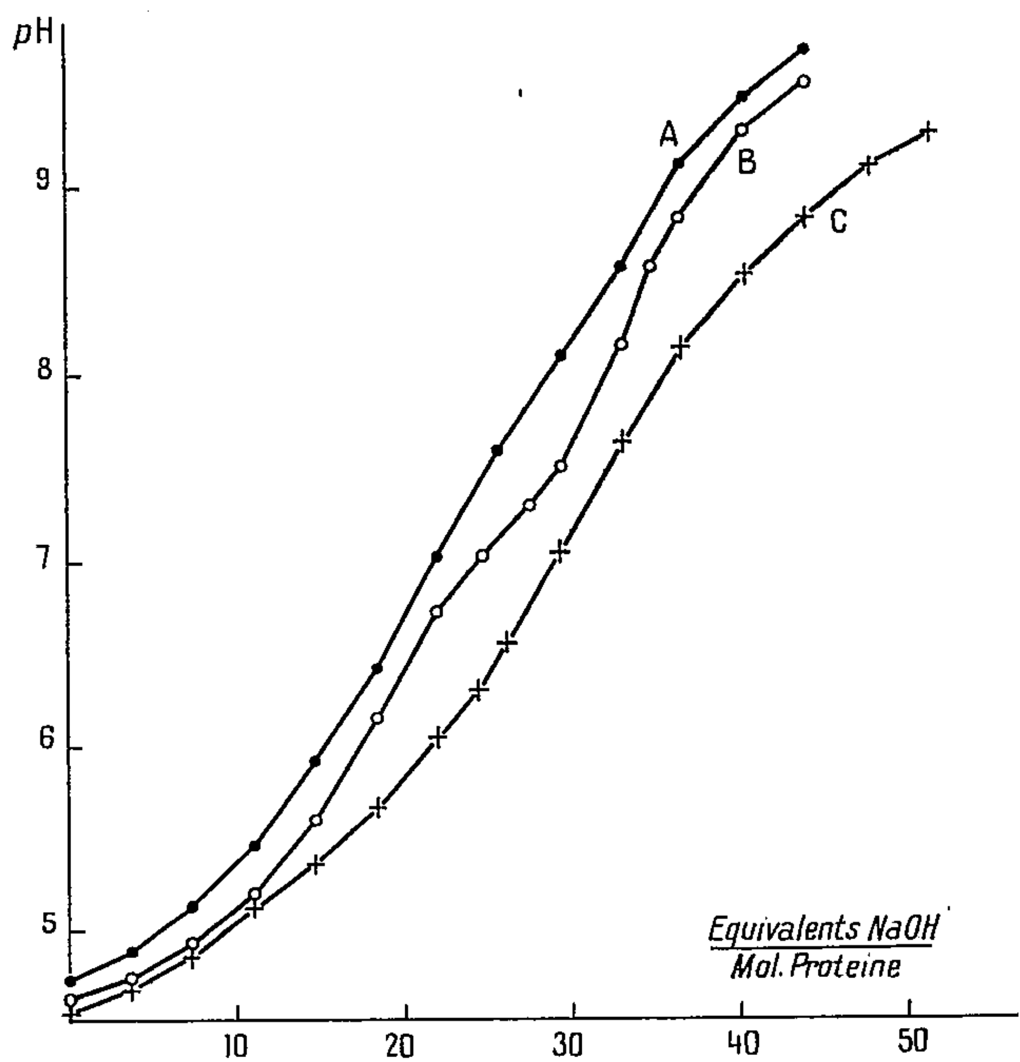


Fig. 1.

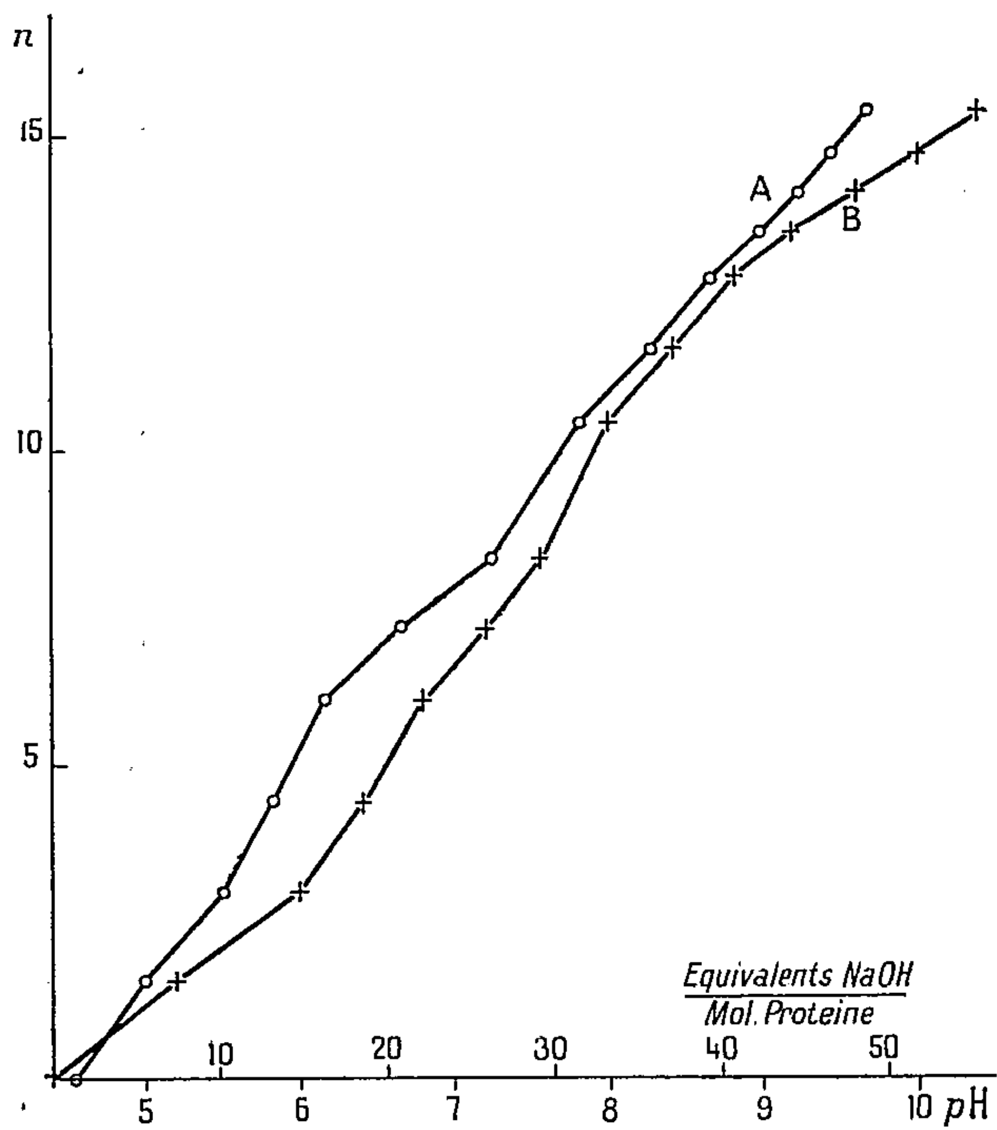


Fig. 2.

Les courbes de titrage potentiométriques A, B et C ont été faites selon la technique décrite dans une Note précédente [2] : A en présence de KCl 0,02 N, B en présence de $CaCl_2$ 0,0067 M et C contenant, outre KCl 0,02 N $CdCl_2$ 0,001 M. On voit que le palier de la courbe est notablement abaissé par Ca, mais encore davantage par Cd au point de se confondre avec la fin de la courbe de neutralisation des fonctions carboxyliques de la sérumalbumine. On remarque aussi un abaissement du pH important dans la zone alcaline qui correspond à la dissociation des amines.

La méthode polarographique permet de préciser les phénomènes. Le courant de diffusion dû au Cd est mesuré avec une électrode à goutte de mercure et une électrode au calomel en atmosphère d'hydrogène. Par addition de sérumalbumine isoélectrique on observe une diminution de l'intensité dépassant à peine les erreurs expérimentales (env. 3 %) qui peut être due à l'effet de viscosité de l'albumine. Par additions successives de soude désoxygénée d'une microburette, on observe une diminution progressive du courant qui permet, en tenant compte de la dilution, de calculer à chaque instant la concentration de Cd libre et de calculer par différence le nombre d'atomes de Cd combinés à la sérumalbumine.

La figure 2 montre les résultats d'une telle expérience. En A le nombre d'atomes de Cd fixés par molécule de sérumalbumine (n) est porté en ordonnées en fonction du pH, déterminé dans une expérience parallèle. La forme de cette courbe diffère de celle donnée par C. Tanford [3] et son allure se rapproche de la courbe de titrage potentiométrique (*fig.* 1, C); ce qui suggère l'hypothèse que chaque ion hydrogène déplacé de la molécule de sérumalbumine est remplacé avec une chance égale par un atome de Cd. La courbe B (*fig.* 2) met à l'épreuve cette hypothèse. Ici n est en ordonnées en fonction du nombre d'ions H^+ déplacés ce qui devrait donner une droite si l'hypothèse était vérifiée. On voit que ce n'est pas le cas. Il est à noter que dans nos calculs nous avons considéré le Cd fixé comme polarographiquement indifférent contrairement à C. Tanford [4] car dans nos expériences à pH suffisamment alcalin le courant de diffusion du Cd tombe régulièrement au-dessous de la valeur de 18 % indiquée comme limite par cet auteur, et ceci en l'absence de toute précipitation de $Cd(OH)_2$ que nous n'avons jamais observée en présence de protéine.

Si l'on admet avec Tanford que le siège principal de la fixation du Cd est sur les groupements imidazol de la sérumalbumine, il est logique d'admettre que le palier de la courbe de titrage potentiométrique correspond à ces mêmes groupements. La fixation du Cd est faible sinon nulle sur les fonctions carboxyliques, par contre elle est loin d'être négligeable sur les fonctions amines.

(2) A. Kepes, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 117.
(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 211.
(4) *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 2066.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Attaque phosphorylante du glucose par un extrait enzymatique de* Clostridium butyricum. IV. *Réaction couplée entre la triosephosphate déshydrogénase et certains enzymes du cycle des acides gras de Lynen.* Note (*) de MM. **Raymond Gavard** et **Henri Descourtieux**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Dans la présente et la précédente Note, les auteurs ont montré l'existence de la phosphotransacétylase de la β-cétothiolase de la β-cétohydrogénase et du couplage de cette dernière avec la triosephosphate déshydrogénase dans un extrait de *Clostridium butyricum*.

Nous rappelons qu'un extrait enzymatique de *Clostridium butyricum* effectue la chaîne de réactions suivantes :

(I) Aldéhyde 3-phosphoglycérique + PO_4H_3 + DPN^+ +
$\rightleftharpoons$ DPNH + H^+ + acide 1.3-phosphoglycérique (triosephosphate déshydrogénase),

(II) Acétyl $PO_4^{=}$ + CoA $\rightleftharpoons$ acétyl CoA + $PO_4^{=}$ (phosphotransacétylase),

(III) 2-acétyl CoA $\rightleftharpoons$ acétoacétyl CoA + CoA (β-cétothiolase),

(IV) Acétoacétyl CoA + DPNH + H^+
$\rightleftharpoons$ β-hydroxybutyryl CoA + DPN^+ (β-cétohydrogénase).

La démonstration des réactions (I) et (II) a fait l'objet d'une Note précédente ([1]); nous allons prouver l'existence des réactions (III) et (IV).

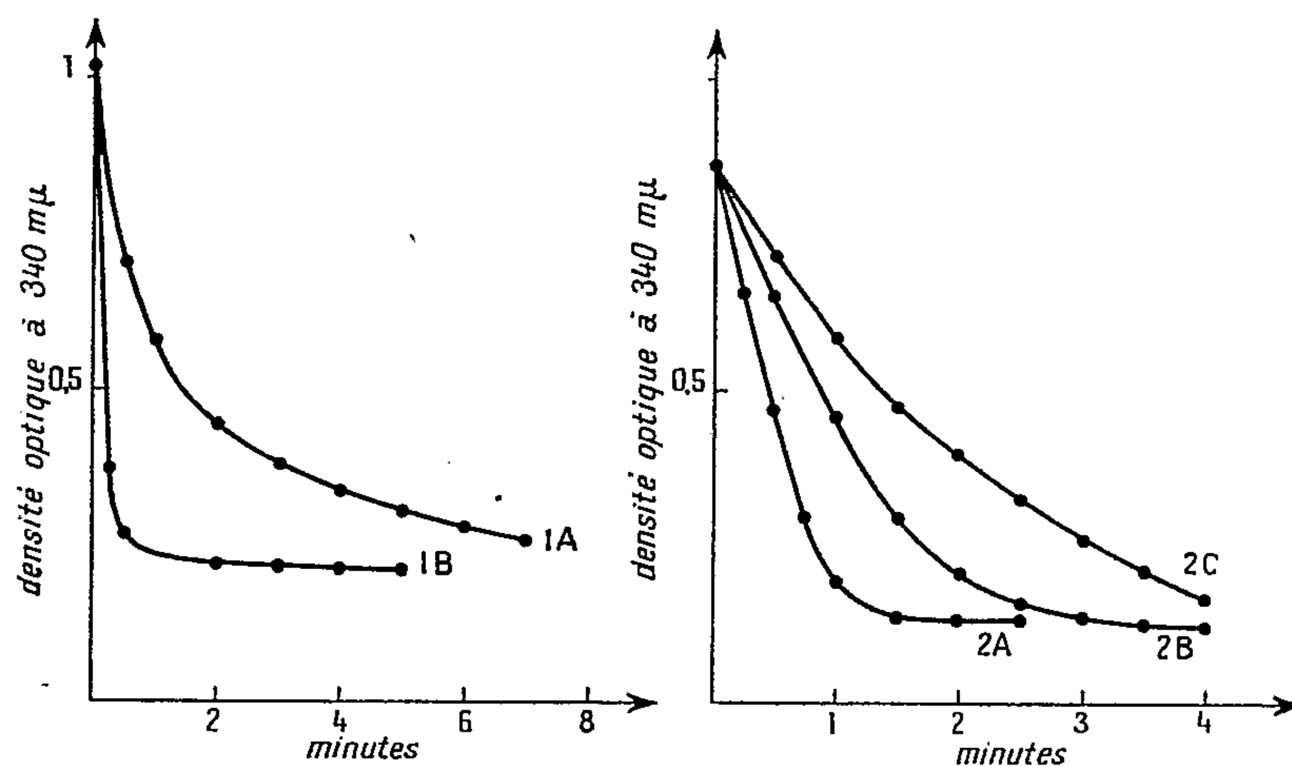


Fig. 1.

L'étude du couplage des réactions (II) + (III), ou (III) avec (IV), montrant l'existence de la β-cétohydrogénase, est suivie par l'oxydation du DPN réduit

(*) Séance du 5 juillet 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2572.

(DPNH) au moyen d'acétoacétyl CoA, d'acétyl CoA et de S-acétoacétyl-pantéthéine (*fig.* 1).

La cuve du spectrophotomètre renferme : tampon trishydroxyméthylamino-méthane pH 7,2, 100 μM; $MgCl_2$, 6 μM; extrait enzymatique, 0,2 ml; volume, 3 ml; $d = 1$ cm; $t = 22°$.

Courbe 1 *A*. — 1800 μg de protéine, 0,5 μM DPNH, environ 0,8 μM d'acétyl Co A.

Courbe 1 *B*. — 1800 μg de protéine, 0,5 μM DPNH, environ 0,4 μM d'acétoacétyl Co A.

Courbe 2 *A*. — 50 μg de protéine, 0,4 μM DPNH, 1 μM S-acétoacétyl-pantéthéine.

Courbe 2 *B*. — 25 μg de protéine, 0,4 μM DPNH, 1 μM S-acétoacétyl-pantéthéine.

Courbe 2 *C*. — 12,5 μg de protéine, 0,4 μM DPNH, 1 μM S-acétoacétyl-pantéthéine.

2° L'existence de la β-cétothiolase peut être montrée par la réaction inverse de (III), suivie par la disparition de la bande d'absorption de l'acétoacétyl Co A à 305 mμ (*fig.* 2 et 3).

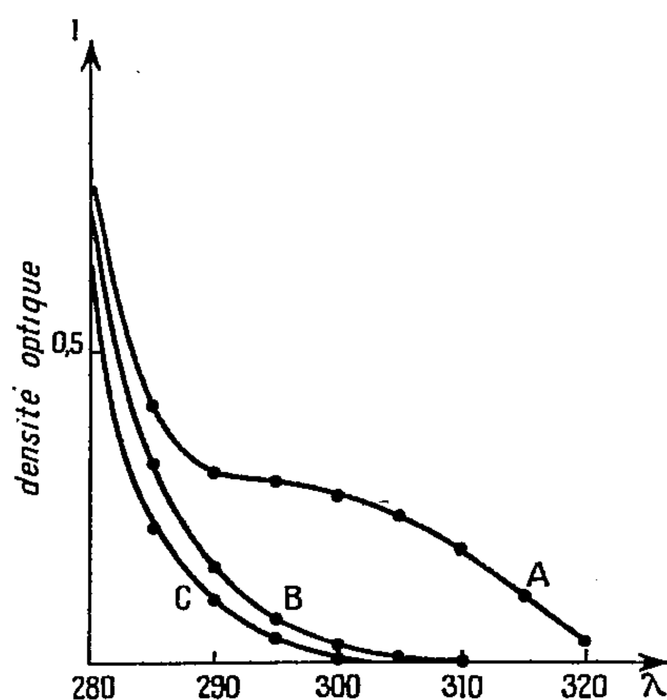


Fig. 2.

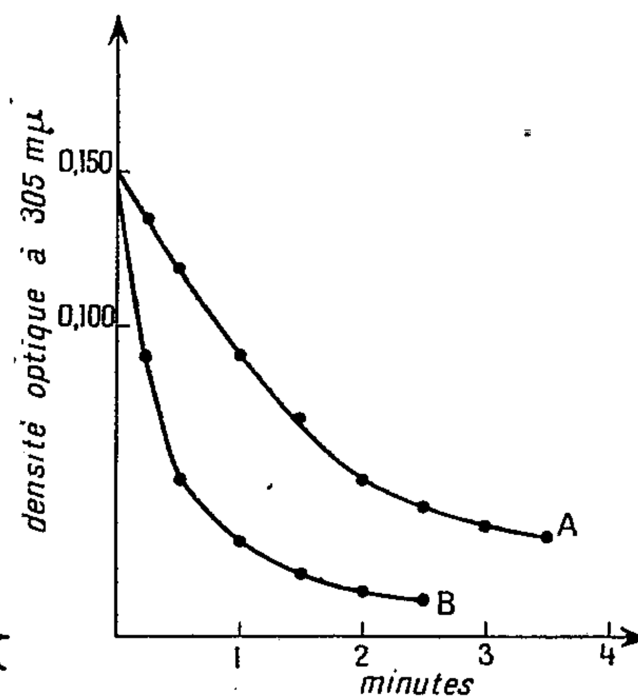


Fig. 3.

La figure 2 représente :

Courbe A. — Le spectre d'une préparation d'acétoacétyl CoA. La cuve de Beckman renferme : trishydroxyméthylaminométhane pH 8,1, 100 μM; $MgCl_2$, 6 μM; solution d'acétoacétyl CoA, environ 0,1 μM; volume, 3 ml; $d = 1$ cm.

Courbe B. — Même substance, mais tampon à pH 7,1.

Courbe C. — Représente la courbe A après action de 1500 μg de protéine fractionnée au sulfate de NH_4 et adjonction de 0,1 μM de CoA.

La disparition de la bande d'absorption à 305 mμ de l'acétoacétyl CoA, suivie en fonction du temps, est donnée par la figure 3.

La cuve du spectrophotomètre renferme : tampon trishydroxyméthylaminométhane pH 8,1 ; 100 μM; Mg Cl_2, 6 μM; cystéine, 10 μM; CoA, 0,15 μM; acétoacéthyl CoA, environ 0,05 μM.

On mesure en même temps un blanc renfermant les mêmes substances, mais le tampon tris. est à pH 7,1, à 305 mμ; d = 1 cm, volume, 3 ml; t = 22°.

Courbe A. — 540 μg de protéine fractionnée au sulfate d'NH_4.

Courbe B. — 1 080 μg de protéine fractionnée au sulfate d'NH^4.

3° Le produit de formation de la réaction (IV) sur l'acétoacétylpantéthéine a pu être isolé par chromatographie sur papier et lyophilisé. Son acide hydroxamique donne, dans le butanol aqueux, sur papier Whatman n° 1, un R. F. de 0,26 différent de ceux donnés, dans les mêmes conditions, par l'acétyl, le butyryl et le crotonylhydroxamate.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse de lévane et de « levansucrase » par des cultures de* Bacillus subtilis. Note de MM. **Claude Péaud-Lenoël** et **Raymond Dedonder**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

B. subtilis, en culture sur saccharose, transforme rapidement tout ce sucre en lévane, glucose, et traces de fructose, la croissance se poursuit en phase logarithmique aux dépens des hexoses. La levansucrase est strictement adaptative. Après disparition du saccharose elle cesse de se former, et la quantité existante persiste et se dilue dans la masse microbienne.

B. subtilis, en présence de saccharose ou de raffinose, synthétise des lévanes. Hestrin et ses collaborateurs (1) ont montré que cette synthèse est produite par une transfructosidase, la levansucrase. L'enzyme est adaptatif (2).

Nous avons étudié la synthèse des lévanes et de la levansucrase par des bactéries en croissance.

La souche *B. subtilis* BG2Fl (3), est cultivée à 30°, en fioles d'Erlenmeyer de 1 litre agitées sur un appareil à secousses alternatives et contenant 100 ml de milieu minéral (4). On ajoute les glucides après stérilisation séparée.

Nous suivons la synthèse de la lévane par opalescence : en tenant compte des corps microbiens, de l'opacité propre du milieu de culture, et en nous référant à une courbe étalon, établie à partir d'une solution de lévane pure dans le milieu de culture. Le saccharose, le glucose et le fructose sont estimés par chromatographie sur papier.

Pour étudier la synthèse de l'enzyme, nous opérons ainsi : périodiquement, 5 ml de culture sont prélevés et centrifugés, le culot remis en suspension dans

(1) S. Hestrin et S. Avineri-Shapiro, *Biochem. J.*, 38, 1944, p. 2.

(2) S. Hestrin, S. Avineri-Shapiro et M. Aschner, *Biochem. J.*, 37, 1943, p. 450.

(3) Collection de Mlle B. Delaporte.

(4) N. Grelet, *Ann. Inst. Pasteur*, 81, 1951, p. 430.

du tampon de phosphate pH 7,3. On place 10 ml de suspension dans des fioles d'Erlenmeyer de 100 ml en présence de saccharose à 10 %. On les agite 3 h à 30° et mesure les lévanes formées comme précédemment.

La figure 1 est représentative de l'évolution d'une culture sur saccharose à 6 %. Le saccharose a complètement disparu au bout de 30 h au début de la phase logarithmique de la croissance.

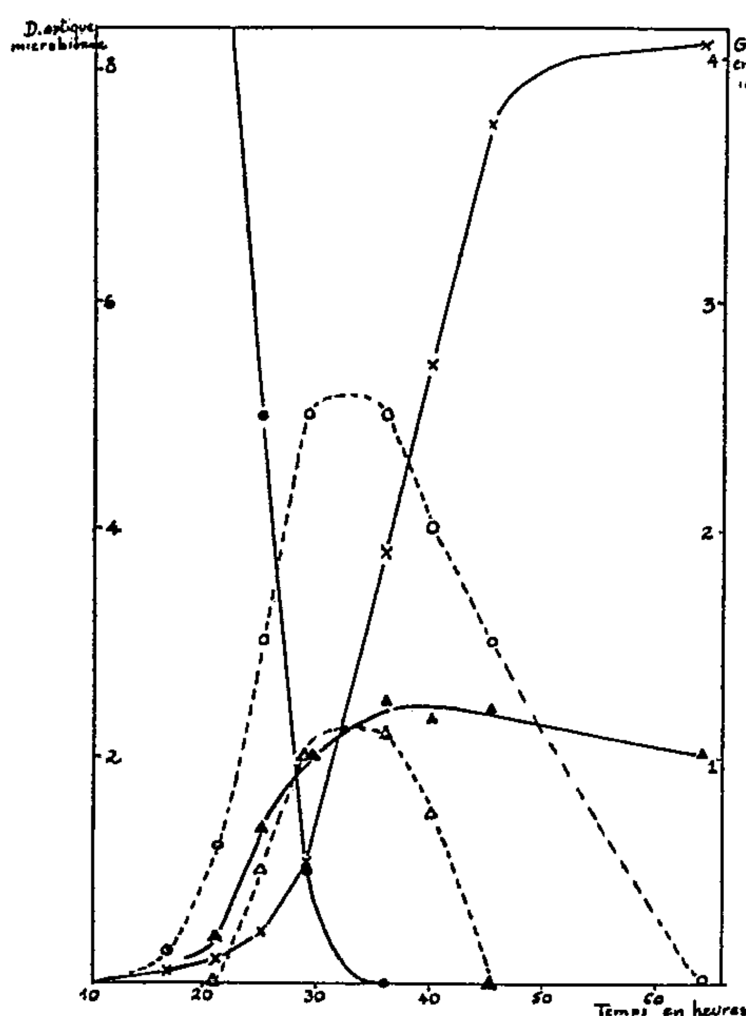


Fig. 1.

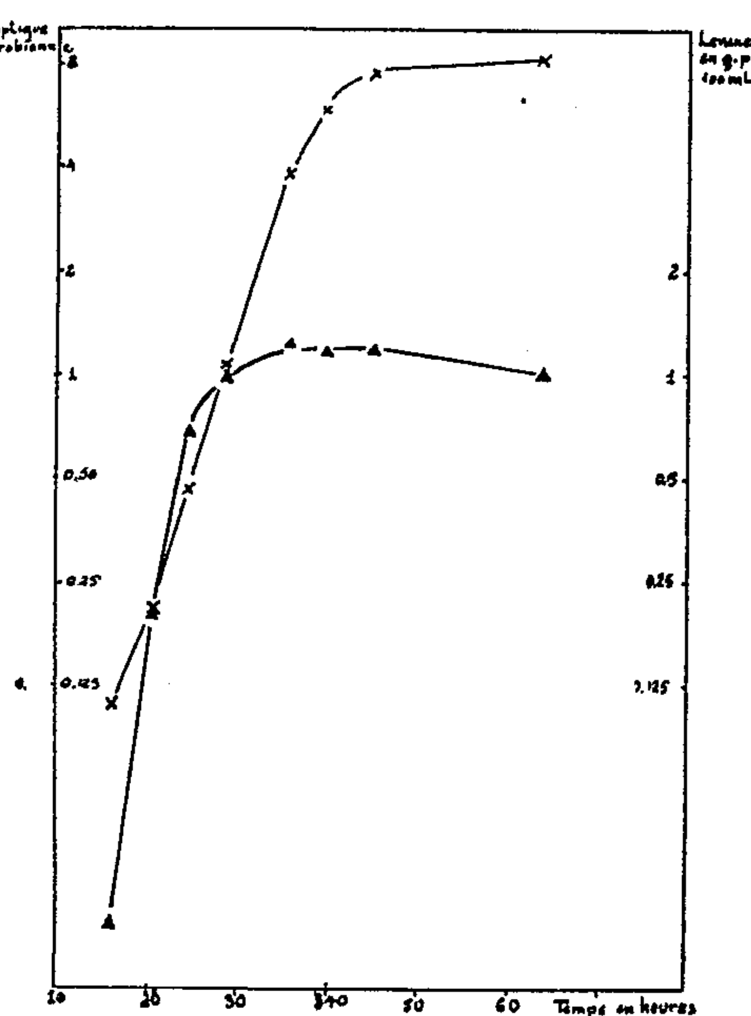


Fig. 2.

Culture de B. subtilis sur milieu à 6 % de saccharose initial.
Densité optique microbienne ×—×; Saccharose -●—●- Glucose-○---○-;
Lévane -▲—▲-; Fructose -△---△-

La synthèse de lévane démarre avec la culture, elle est très rapide, et apparemment quantitative à son début. Le fructose libre n'apparaît qu'ensuite, et la synthèse de la lévane s'arrête avec la disparition du saccharose. La culture se poursuit aux dépens du glucose et du fructose qui disparaissent.

Sur la figure 2, la masse microbienne et la quantité de lévane sont représentées en ordonnée logarithmique : le temps de doublement est de 4 h. Il est le même pour des cultures croissant dans les mêmes conditions, dans un milieu contenant 6 % de glucose. Le pH optimum pour la synthèse de lévane se situe vers 7,3.

Nous avons étudié la synthèse de l'enzyme levansucrase, par la méthode décrite, avec des suspensions bactériennes provenant de cultures sur saccharose ou sur glucose. Le rapport (3) du tableau donne une valeur proportionnelle à la quantité d'enzyme par bactérie. Le produit (4) exprime l'activité totale de la culture.

Cultures sur glucose.			Cultures sur saccharose.			
(1).	(2).	(3).	(1).	(2).	(3).	(4).
14h,30	0,20	0,04	16h,30	0,10	1,14	0,11
19 ,30	0,63	0,02	21 ,00	0,21	1,04	0,22
25 ,00	2,06	0,02	25 ,00	0,46	1,12	0,51
36 ,00	7,67	0,01	36 ,00	3,80	0,27	1,02
			40 ,00	5,40	0,17	0,92
			45 ,15	7,50	0,12	0,90

(1) Age de la culture au moment du prélèvement.
(2) Densité optique de la culture au moment du prélèvement.
(3) Rapport densité optique de la lévane/Densité optique microbienne dans la suspension.
(4) Produit (2) × (3).

La levansucrase est bien un enzyme strictement adaptatif, les microbes poussés sur glucose n'ont pas de levansucrase. De plus, dans les cultures sur saccharose, le rapport (3) reste constant tant qu'il reste du saccharose : en présence de saccharose, la quantite d'enzyme est proportionnelle à la quantité de microbes. C'est ensuite le produit (4) qui reste constant : en absence de saccharose, l'enzyme ne se forme plus, mais persiste. La quantité existante se dilue dans la masse microbienne qui continue à s'accroître.

PARASITOLOGIE. — *Influence du parasitisme sur le catabolisme des acides nucléiques chez* Ascaris lumbricoides (*Linné* 1758). Note (*) de MM. **Raymond Cavier** et **Jean Savel**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les auteurs comparent l'intensité de la dégradation des acides nucléiques chez l'Ascaris jeune et l'Ascaris adulte. Ils constatent que ces animaux sont capables de dégrader ces substances jusqu'à l'état d'ammoniaque, mais que ce catabolisme est beaucoup plus intense chez les sujets jeunes. Les auteurs soulèvent, à ce propos, l'hypothèse d'une simplification métabolique d'ordre parasitaire.

Au cours d'un travail d'ensemble sur le métabolisme protéique chez l'Ascaris du Porc, l'un de nous (1) s'est intéressé au sort que ce Nématode réserve aux acides nucléiques et a cherché à déterminer le terme ultime du catabolisme de ces substances. Les résultats de ces investigations nous permettent de placer l'Ascaris près des Géphyriens, des Crustacés, des Lamellibranches marins, tous animaux poussant la dégradation des purines jusqu'au stade anhydride carbonique et ammoniaque. Nous rapportons ici les expériences qui ont mis en évidence l'influence du mode de vie sur la marche et l'intensité de ce catabolisme.

(*) Séance du 5 juillet 1954.
(1) J. Savel, *Thèse doctorat Pharmacie* (Etat), Paris, 1954 (sous presse).

Un homogénéisat d'intestin d'Ascaris est mis en présence du substrat choisi (guanine, adénine, xanthine, acide urique, allantoïne) dont la concentration dans le milieu est uniformément fixée à 0,01 M; le pH est de 7,2 et sa stabilité est assurée par une solution tampon phosphatée; le temps de contact à l'étuve à 37° C est de 60 mn. Ce temps écoulé, nous dosons, dans le milieu, l'azote uréoammoniacal : l'urée est transformée en ammoniaque par l'action de l'uréase et l'azote ammoniacal total est ensuite titré par colorimétrie au moyen du réactif de Nessler.

Nous avons réalisé deux séries d'expériences; la première utilise des ascaris jeunes, c'est-à-dire ceux dont le poids est inférieur à 2 g : au-dessous de cette limite, les individus n'ont pas encore atteint leur complet développement; la seconde série s'adresse à des animaux adultes dont le poids excède 4 g.

Nos résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous. L'examen de ce tableau nous permet de constater que : 1° Les ascaris sont capables de dégrader les bases puriques jusqu'au stade d'urée qui sera ultérieurement transformée en ammoniaque sous l'influence d'une uréase dont l'action a été étudiée par ailleurs (1).

	Azote uréo-ammoniacal (mg/g/h).	
Substrat.	Jeunes (poids moyens) 1,79 g).	Adultes (poids moyens) 4,37 g).
Témoin	0,32	0,29
Guanine	0,34	0,31
Adénine	0,42	0,37
Xanthine	0,47	0,32
Acide urique	0,78	0,36
Allantoïne	0,92	0,34

2° La guanine ne trouve pas, en face d'elle de guanase pour la dégrader plus avant.

En outre — et c'est le fait sur lequel nous voulons surtout insister — les résultats montrent une différence remarquable entre le comportement des individus jeunes et des individus adultes.

Il semble que la dégradation des acides nucléiques soit peu intense chez les ascaris adultes et que seuls, les jeunes soient capables de la mener rapidement jusqu'à son terme final. En nous fondant sur ces faits, nous arrivons à émettre l'hypothèse d'une dégénérescence parasitaire affectant les possibilités catabolisantes des parasites; les observations que nous venons de faire sont d'ailleurs à rapprocher de celles (1) dans lesquelles il est remarqué que la dégradation des grosses molécules protéiques est beaucoup plus lente que celle des prin-

cipes moins condensés tels que les polypeptides. Il semble qu'on puisse voir, dans ces phénomènes, un reflet de la lente dégradation que son mode d'existence fait subir au parasite.

A 15 h 55 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 5 m.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1954.

(*suite*).

Mémoire sur la dérivation et son calcul inverse, par ARNAUD DENJOY. Ouvrage publié avec le concours du CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE. Paris, Gauthier-Villars, 1954; 1 vol. 25 cm.

Would a rose smell so sweet... By Any Other Name?, by W. I. P. CAMPBELL and ALBERT F. BLAKESLEE. Reprinted from *Horticulture*. Vol. XXIV, n° 9, 1948; 1 page 30 cm.

What happened... when Susan went to of Smith, by ALBERT F. BLAKESLEE. Reprinted from *The American Home*, 1948; 1 page 30 cm.

Impressions of India, by ALBERT F. BLAKESLEE. Reprinted from *The scientific Monthly*. Vol. LXVI, n° 2, 1948; 1 feuillet 25 cm.

Edmund ware Sinnott, president of the A. A. A. S. for 1948, by ALBERT F. BLAKESLEE. Reprinted from *The Scientific Monthly*. Vol. LXVI, n° 1, 1948; 1 fasc. 25 cm.

42 Proceedings of the national cancer conference. *Chromosomes, chemical stimulators, and inhibitors of normal and abnormal plant growth*, by ALBERT F. BLAKESLEE. Reprinted from *Proceedings of the first national cancer conference* 42-49, 1949; 1 fasc. 23 cm.

Extraits de *American Journal of Botany*. Vol. XXXVII, n° 8, 1950 : *Ovular tumors connected with incompatible crosses in Datura*, by SOPHIE SATINA, J. RAPPAPORT and ALBERT F. BLAKESLEE. Vol. XL, n° 7, 1953: *The effect of sucrose on the growth of Datura stramonium embryos in vitro*, by J. RIETSEMA, SOPHIE SATINA and ALBERT F. BLAKESLEE; 2 fasc. 26,5 cm.

Extraits de *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. XXXI, 1945 : *Effect of smoking on taste Thresholds for Phenyl-Thio-Carbamide (PTC)*, by ADA R. HALL and ALBERT F. BLAKESLEE. Vol. XXXIX, n° 4, 1953 : *Induced pollen lethals from seeds of Datura stramonium treated with thermal neutrons*, by J. L. SPENCER, W. R. SINGLETON and ALBERT

F. BLAKESLEE. Vol. XXXIX, n° 4, 1953 : *The effect of thermal neutron radiation on the chromosomes of Datura*, by HENRY T. YOST, JR, W. R. SINGLETON and ALBERT F. BLAKESLEE. Vol. XXXIX., n° 9, 1953 : *The effect of indole-3-acetic acid on Datura embryos*, by J. RIETSEMA, SOPHIE SATINA and ALBERT F. BLAKESLEE. Vol. XXXIX, n° 12, 1953 : *Effect of amino acids, especially aspartic and glutamic acid ant their amides, on the growth of Datura stramonium embryos in vitro*, by DENISE PARIS, † J. RIETSEMA, SOPHIE SATINA and ALBERT F. BLAKESLEE; 5 fasc. 26 cm.

Datura studies, by ALBERT F. BLAKESLEE, A. G. AVERY, A. D. BERGNER and SOPHIE SATINA. Reprinted from *Annual Report of the Director of the Department of genetics, Carnegie Institution of Washington Year Book*, n° 41, 1941-1942; 1 fasc. 25 cm.

Removing some of the Barriers to crossability in Plants, by ALBERT F. BLAKESLEE. Reprinted from *Proceedings of the American philosophical society*. Vol. LXXXIX, n° 4, 1945; 1 fasc. 26,5 cm.

Glorification of a native Weed, by ALBERT F. BLAKESLEE. Contribution from the Department of Bòtany. *Smith College*, New Series, n° 24. Reprint from *Horticulture*. Vol. XXV, 1947; 1 page 21 cm.

Pollen. Tube Growth in intergeneric Pollinations on Datura Stramonium, by CARMEN SANZ. Reprinted from *The Proceedings of the national Academy of Sciences*. Vol. XXXI, n° 11, 1945; 1 fasc. 25,5 cm.

(*A suivre.*)



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 JUILLET 1954.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **PAUL MONTEL** signale à l'Académie la présence de M. **GARRETT BIRKHOFF**, Professeur à l'Université Harvard. M. le Président lui souhaite la bienvenue et l'invite à prendre part à la séance.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Conditions d'apparition de la structure de Widmanstätten dans le cas particulier d'un acier hypoeutectoïde*. Note (*) de MM. **ALBERT PORTEVIN**, **ANDRÉ CONSTANT** et **GEORGES DELBART**.

Les courbes T. T. T. qui indiquent, en fonction de la température et du temps, les divers constituants de trempe (perlite, bainite, martensite) issus de la décomposition de l'austénite, fournissent également les domaines de formation de la structure de Widmanstätten résultant de la séparation ou ségrégation intragranulaire de la ferrite proeutectoïde dans l'austénite des aciers hypoeutectoïdes.

La structure de Widmanstätten résulte d'une séparation ou ségrégation intragranulaire d'un constituant, la ferrite proeutectoïde, dans le cas des aciers hypoeutectoïdes, ou la cémentite dans le cas des aciers hypereutectoïdes, en lames octaédriquement orientées dans chaque grain ou cristal d'austénite (cubique à faces centrées) donnant par suite, sur une coupe plane, un aspect micrographique de bandes ou aiguilles orientées suivant trois directions (1), auquel on a également donné le nom de structure aciculaire; elle est associée à une plus grande fragilité de l'acier.

La formation de cette structure dépend de la grosseur du grain de l'austénite mère, donc des conditions thermiques d'austénitisation et de

(*) Séance du 12 juillet 1954.

(1) Dans un cristal cubique centré, les ségrégations sont dodécaédriquement orientées, fournissant, sur une coupe plane, un bien plus grand nombre d'orientations auxquelles l'un de nous (A. PORTEVIN, *Rev. Mét.*, 41, 1944, p. 323), a donné le nom de structure de Belaïew.

la loi du refroidissement ultérieur, c'est-à-dire des mêmes facteurs que ceux dont dépend la formation des constituants de trempe (perlite, bainite, martensite).

On peut donc, *a priori*, recourir aux deux modes de représentation utilisés pour indiquer la formation de ces constituants : soit aux courbes caractéristiques ([2]) de coordonnées température de chauffage et vitesse de refroidissement, c'est ce qu'ont fait Hannemann et Schrader ([3]), soit aux courbes T.T.T. ou isausténitiques, c'est ce que nous nous sommes proposés.

Déjà en 1941, l'un de nous, en collaboration avec Jolivet, étudiant un acier hypoeutectoïde à 0,6 % C, signalait l'existence de deux modes

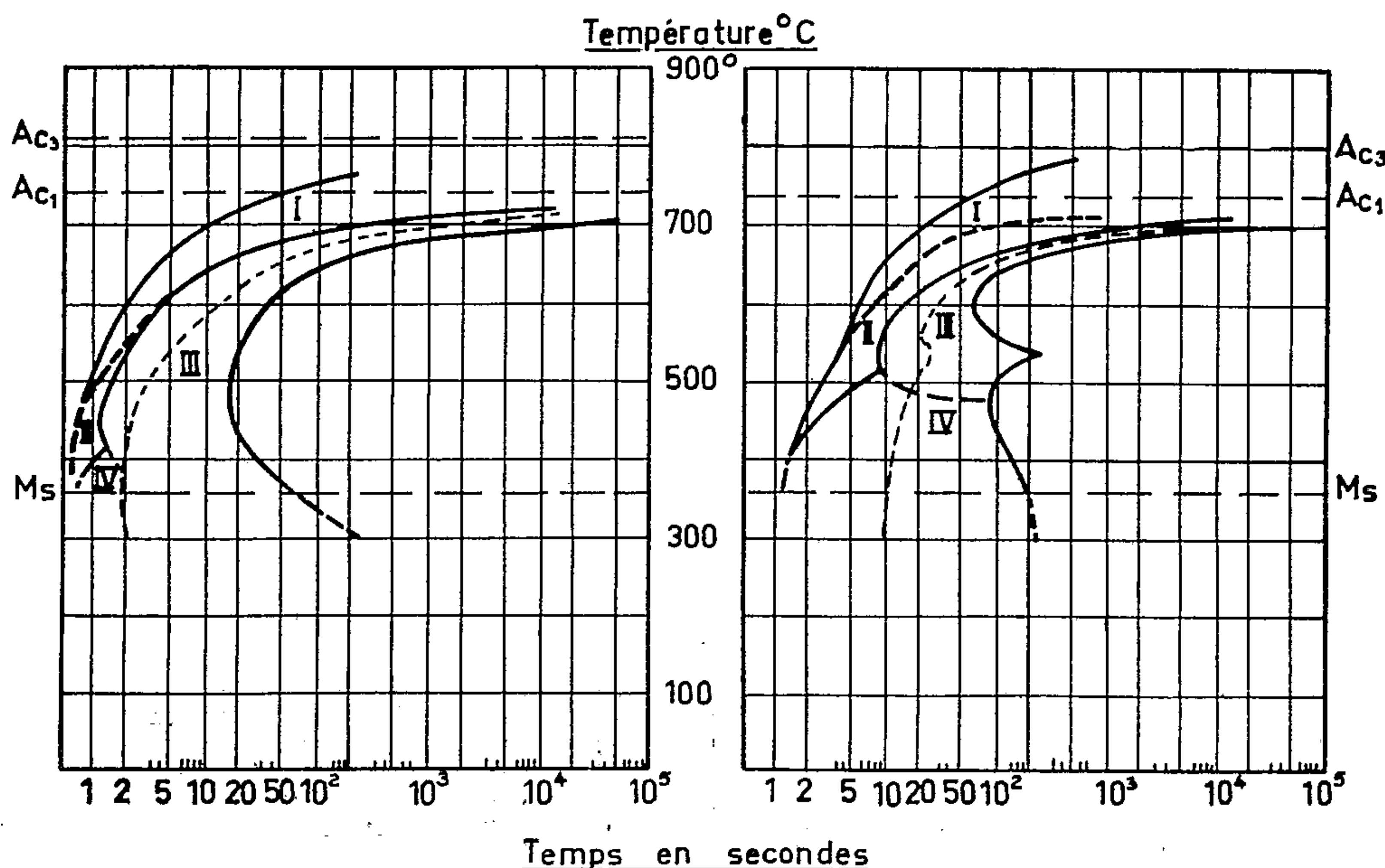


Fig. 1.

C %.	Mn %.	Si %.	S %.	P %.	Cr %.	Al %.
0,36	0,66	0,27	0,016	0,020	0,22	0,060

a. Austénitisé à : 850° 1 h — Grosseur du grain : 10-11.

b. Austénitisé à 1300° 1/2 h — Grosseur du grain : > 1.

Fig. 1. — Courbes T. T. T. d'un acier à 0,36 % C, 0,66 % Mn et 0,28 % Cr après austénitisation à : *a.* 850° 1 h. *b.* 1300° 1/2 h.
I : ferrite granulaire « properlitique ».
II : ferrite aciculaire « probainitique ».
III : plages carburées de type perlitique.
IV : bainite.

([2]) A. Portevin, *Chimie et Industrie*, 2, 1919, p. 1139.

([3]) *Atlas Métallographique*, 1, 1935, p. 30. On peut obtenir ce résultat avec le minimum d'expérimentation, en ayant recours à la méthode des gradients croisés, en utilisant l'éprouvette proposée par M. Henri Granjon (*Comptes rendus* 235, 1952, p. 173).

de formation de la ferrite en relation avec la température de transformation : granulaire à haute température, aciculaire à basse température, et montrait qu'il y avait modification de la cinétique du dépôt au passage d'un type à l'autre.

La présente étude a porté sur un acier hypoeutectoïde à 0,36 % C, 0,66 % Mn et 0,22 % Cr, dont la courbe T.T.T. dans les conditions normales d'austénitisation : 850° pour 1 h, est représentée figure 1 *a*. Cette courbe T.T.T. comprend quatre domaines désignés par les chiffres romains : I, II, III, IV, correspondant aux quatre types de structures que l'on rencontre dans les aciers hypoeutectoïdes et qui sont rappelés sur la légende.

La figure 1 *b* représente la courbe T.T.T. du même acier, mais austénitisé cette fois à 1300° pendant 30 mn en atmosphère d'argon. Par rapport à la courbe 1 *a*, on remarque que l'élévation de la température d'austénitisation se traduit par des modifications importantes des différents domaines de la courbe T.T.T. En particulier, l'importance des domaines II et IV correspondant à la formation de constituants aciculaires, sous forme de ferrite ou de bainite, augmente considérablement.

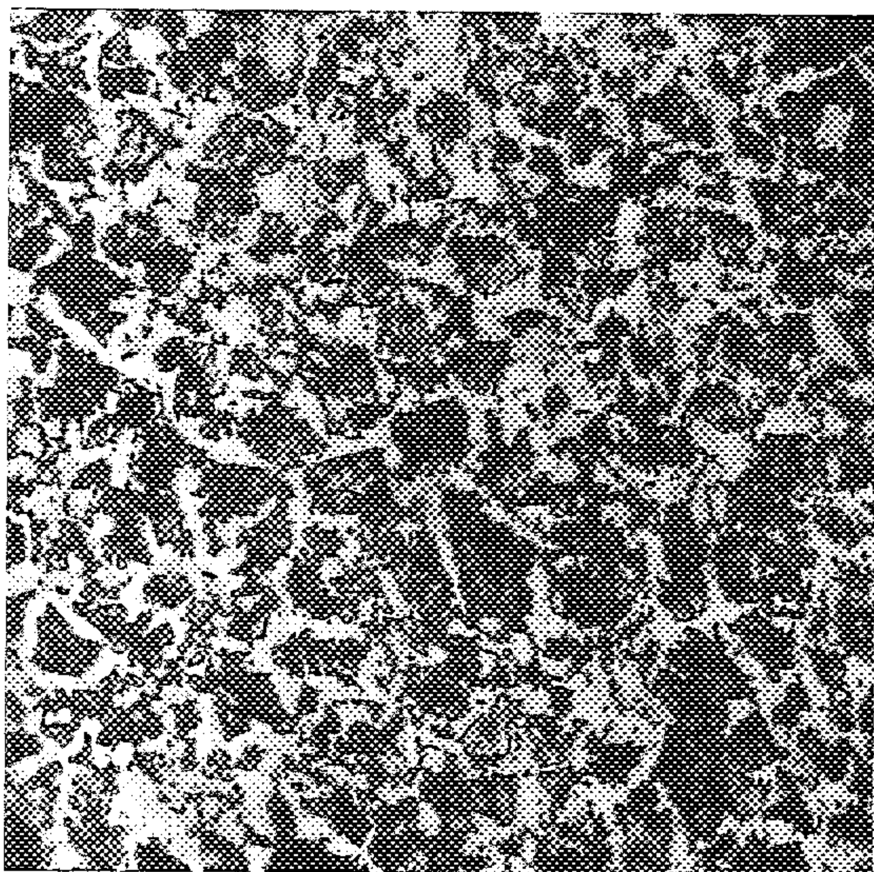


Fig 2.

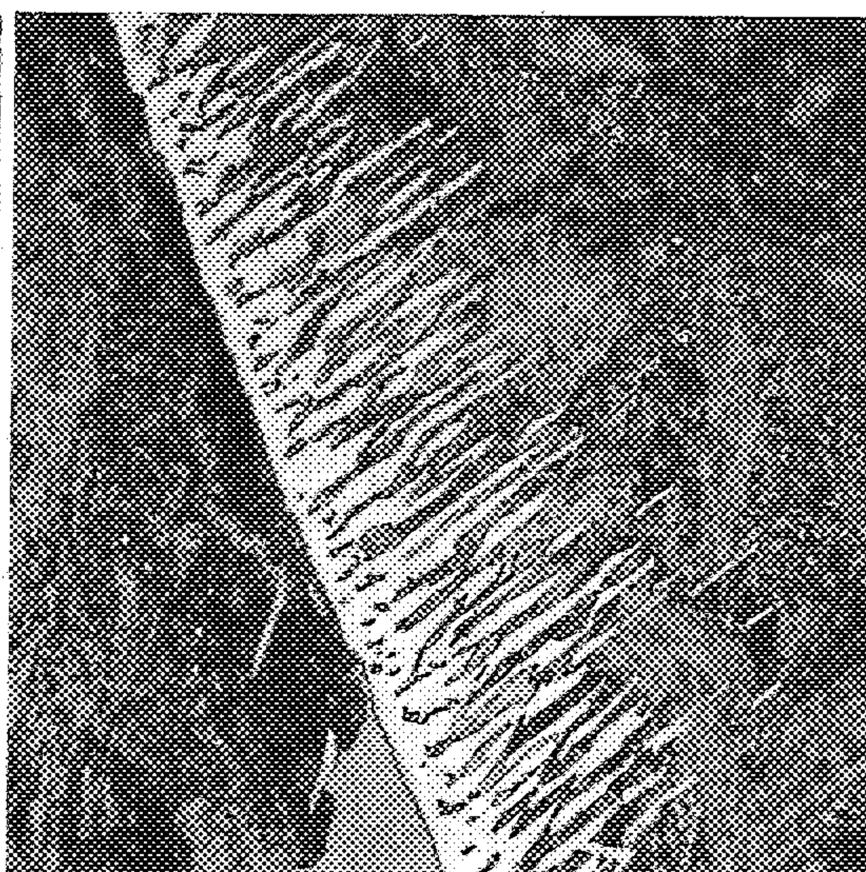


Fig. 3.

Fig. 2. — Acier à 0,36 % C Austénitisation : 850° 1 h. Trempe isotherme a 600° 30 s. Ferrite granulaire-Perlite (× 540).

Fig. 3. — Acier à 0,36 % C Austénitisation : 1300° 1/2 h. Trempe isotherme à 600° 30 s. Ferrite aciculaire-Perlite-Martensite (× 540).

C'est ainsi que dans les mêmes conditions de traitement isotherme : 600° pendant 30 s, on obtient uniquement des constituants granu-

laires après austénitisation à 850° (*fig.* 2) alors que la ferrite formée est déjà nettement aciculaire après austénitisation à 1300° (*fig.* 3).

Pour l'acier étudié, austénitisé à 850°, la position des différents domaines de la courbe T.T.T. montre qu'il est extrêmement peu probable d'obtenir par traitement une structure de type aciculaire. Par contre, après austénitisation à 1300°, la formation de structure de Widmanstätten est pratiquement inévitable puisque, quelle que soit la vitesse de refroidissement considérée, la courbe de refroidissement coupe presque à coup sûr le domaine II ou le domaine IV. Pour des vitesses de refroidissement croissantes, la structure formée passera de la forme à ferrite aciculaire et plages carburées de type perlitique à la forme à bainite pure en passant par les étapes intermédiaires à ferrite aciculaire, plages carburées et bainite, et ferrite aciculaire et bainite seule.

Plus la température d'austénitisation est élevée, plus la tendance à la formation orientée s'accentue; en dehors de l'influence évidente de la grosseur du grain, il est permis de se demander si l'on ne retrouve pas ici l'action d'un phénomène de déshomogénéisation à haute température analogue à ceux signalés par Colombier, les atomes de carbone pouvant par exemple se rassembler suivant certains plans cristallographiques du réseau austénitique, ce qui entraînerait une germination orientée dans les plans voisins.

SÉROLOGIE. — *Les hétéro-hémagglutinines des Ophidiens et des Chéloniens.* Note (*) de MM. **René Dujarric de la Rivière, Jean Fine** et **André Eyquem.**

Les hétérohémagglutinines du sérum ont été l'objet de travaux qui ont permis de préciser l'existence de certaines interrelations entre différentes espèces animales. Le sérum des animaux d'une même espèce possède une aptitude plus ou moins grande à agglutiner les globules rouges d'animaux appartenant à des espèces plus ou moins éloignées de celle qui a fourni le sérum. Les hétéro-hémagglutinines du sérum humain sont maintenant bien connues; celles des sérums de reptiles, par exemple, le sont beaucoup moins.

Dans la classe des Reptiles, seuls les Ophidiens ont fait l'objet de recherches (Do Amaral et Klobusitsky, Bond).

Nous avons examiné plus particulièrement le sérum de deux espèces de Reptiles Ophidiens appartenant au genre *Vipera* : *V. aspis* et *V. ursini* et deux espèces de Chéloniens *Chelonia imbricata* L. (ou Caret) et *Chelonia*

(*) Séance du 12 juillet 1954.

mydas L. (ou Tortue franche) dont les échantillons nous ont été adressés par M. Montestruc, Directeur de l'Institut Pasteur de la Martinique.

Nous avons recherché les hétéro-hémagglutinines à 22° en mettant en contact 0,2 ml de sérum avec 0,05 ml d'une suspension de globules rouges à 2 °/₀ en eau physiologique. La lecture se fait après une demi-heure de contact et après centrifugation. Dans le sérum de *Vipera aspis* et *Vipera ursini*, nous avons observé la présence, d'une part, d'hétéro-hémagglutinines décelant spécifiquement les antigènes érythrocytaires humains A et B, une hétéroagglutinine décelant l'antigène érythrocytaire A du Cheval et, d'autre part, des hétéro-hémagglutinines actives sur les érythrocytes de : Cheval, Mulet, Ane, Mouton, Porc, Chat, Lapin, Rat, Souris, Merion, Hamster, Chimpanzé, Cynocéphale (*G. papio*), Poule, Oie, Canard, Pigeon, ainsi que sur les globules rouges de certains bœufs et de certaines chèvres.

Ces sérums se révèlent incapables d'agglutiner les érythrocytes de Cobaye et de Chien.

Le sérum de *Chelonia imbricata* L. possède des hétéro-hémagglutinines actives sur les globules rouges de : Cheval, Mulet, Ane, Mouton, Lapin, Rat, Souris, Merion, Hamster, Chimpanzé, Cynocéphale, les globules rouges de certains bœufs et de certaines chèvres. Ce sérum n'agglutine pas les érythrocytes humains quel que soit leur groupe sanguin, les globules rouges des oiseaux, ainsi que les globules rouges de Cobaye et de Chien.

Le sérum de *Chelonia mydas* L. possède des hétéro-agglutinines actives sur les globules rouges de : Cheval, Mulet, Rat, Merion, Chimpanzé, Cynocéphale et de certains Lapins, mais n'agglutine pas les globules humains quel que soit leur groupe sanguin; les globules rouges de Bœuf, de Souris, de Cobaye, de Chien, ainsi que les globules rouges des Oiseaux (Poule, Oie, Canard, Pigeon).

Les agglutinines mises en évidence dans le sérum de *Chelonia mydas* ont une activité beaucoup plus faible que celles existant dans le sérum de *Vipera* et dans celui de *Chelonia imbricata.*

Il convient de remarquer que les quatre espèces de reptiles que nous avons étudiées ne présentent pas d'hétéro-hémagglutinines actives sur les globules rouges de Chien et de Cobaye, alors que leur sérum agglutine les globules rouges de certains animaux tels que le Rat et le Cheval.

Les hétéro-hémagglutinines présentes dans le sérum de certains ophidiens et de certains chéloniens peuvent — par des absorptions sélectives à l'aide d'érythrocytes porteurs d'antigènes connus — permettre de rechercher la spécificité de ces hétéro-agglutinines et d'individualiser des fractions antigéniques communes aux érythrocytes des différentes espèces animales étudiées.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Étude de la surcharge aqueuse prolongée chez le Rat.* Note de MM. **Léon Binet, Pierre Dejours** et **Nikias Moumouzias.**

L'existence d'une relation entre le développement morphologique du rein et le travail de formation de l'urine n'est plus mise en doute à l'heure actuelle. Chaque fois qu'on augmente le travail d'un rein par ablation de l'autre ou le travail osmotique des deux reins par surcharge alimentaire prolongée en cristalloïdes, une hypertrophie rénale se développe (1), (2). D'autre part, le travail osmotique du rein serait minimum, si l'animal formait une urine isotonique au plasma (3). Enfin, l'hypertrophie rénale provoquée par une surcharge en NaCl ou en urée s'accompagne de modifications du fonctionnement rénal (qui permettent de parler d'adaptation fonctionnelle à cette surcharge) (4).

La question se pose donc de savoir ce que deviennent le poids du rein et le fonctionnement de cet organe, lorsqu'on diminue le travail osmotique du rein par une surcharge d'eau pure.

Méthodes. — L'expérience porte sur 36 Rats mâles témoins (lot I), et 41 Rats mâles expérimentaux (lot II), recevant 5 à 8 cm^3 d'eau par tubage intragastrique trois fois ou cinq fois par jour suivant les séries. Les tubages gastriques sont répartis dans la journée entre 9 et 20 h. Après quatre à neuf semaines, les animaux sont mononéphrectomisés à droite, six semaines plus tard ils sont sacrifiés. Au cours de l'expérience, on relève journellement le poids des animaux, le volume des boissons prises spontanément; les urines sont prélevées, leur concentration totale, leur concentration en chlore et en urée mesurées. Avant et après mononéphrectomie est pratiqué un test de surcharge en eau par injection forcée de 8 cm^3 d'eau par voie intragastrique. La quantité et la qualité des urines sont étudiées au cours des 8 h consécutives. De même est pratiqué un test de surcharge aiguë en NaCl où les effets sont suivis de façon continue pendant quelques heures (5). Le rein droit au moment de la mononéphrectomie, le rein gauche lors du sacrifice de l'animal sont pesés. Toutes ces mesures sont faites chez les animaux témoins et expérimentaux.

Résultats. Discussion. — Dans tous les cas, la croissance est restée normale. C'est seulement dans le cas d'ingestion forcée de 8 cm^3 à chaque prise, que la croissance est perturbée.

---

(1) P. Dejours, *Adaptation pondérale et fonctionnelle du rein à la surcharge en cristalloïdes chez le Rat. Thèse Méd.*, Paris, 1950.

(2) L. Binet et P. Dejours, *III*e *Congrès Médical International d'Évian*, septembre 1951.

(3) J. D. Newburgh, *J. Clin. Invest.*, 22, 1943, p. 439-446.

(4) L. Binet, P. Dejours et A. Lacaisse, *C. R. Soc. Biol.*, 145, 1951, p. 950-953.

(5) L. Binet, P. Dejours et M. Marquis, *C. R. Soc. Biol.*, 147, 1953, p. 1989-1992.

Malgré la réalisation d'une surcharge aqueuse obligatoire, apparemment considérable, la quantité d'eau ingérée librement est peu diminuée (*fig.* 1); par exemple, un animal sous surcharge de 35 cm³ par jour boit librement une moyenne de 18,5 cm³ par jour, ce qui représente une ingestion quotidienne d'eau de 50,5 cm³ en moyenne au lieu de 22 cm³ en moyenne chez l'animal normal à boisson libre.

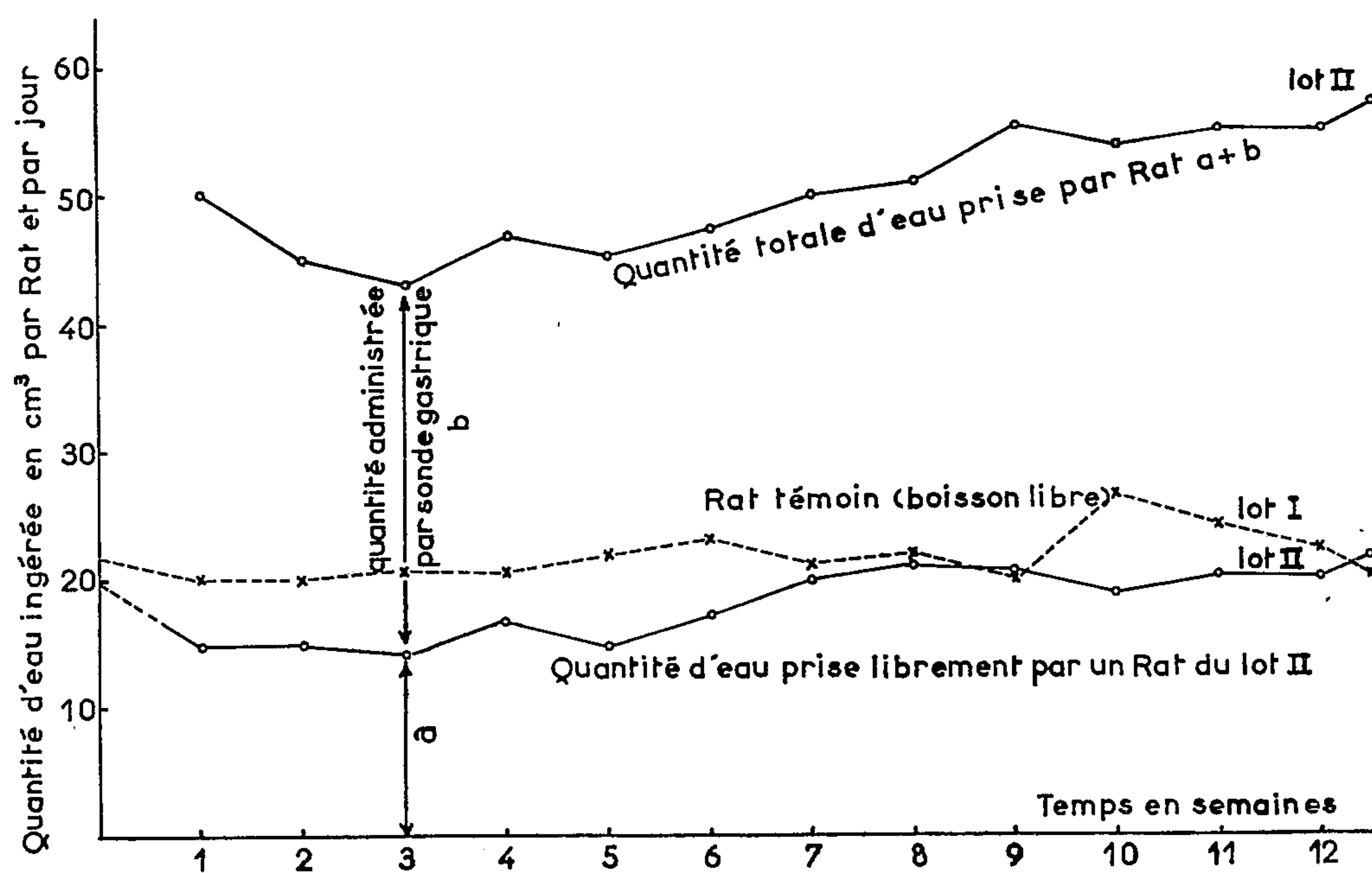


Fig. 1.

Bien entendu, les urines sont abondantes chez les animaux à la surcharge aqueuse. Les concentrations totales, chlorée et uréique, sont basses. Le poids des reins n'est pas modifié, aussi bien des reins normaux que du rein restant après la mononéphrectomie; c'est-à-dire que l'hypertrophie compensatrice est la même chez les animaux normaux que chez les animaux à la surcharge aqueuse.

La comparaison des réactions à l'ingestion forcée d'eau des animaux témoins et expérimentaux en ce qui concerne la courbe de diurèse et les concentrations ne fait pas apparaître de différences importantes. Le seul fait observé dans trois expériences de surcharge d'eau avant et après mononéphrectomie semble être la relative rapidité de l'effet diurétique à l'ingestion forcée d'eau chez les Rats du lot II. Le test de surcharge de NaCl ne montre pratiquement aucune différence entre les lots témoins et expérimentaux.

Les faits sans doute les plus frappants qui ressortent de cette étude sont :

La parfaite tolérance des Rats à la surcharge aqueuse. Malgré l'ingestion forcée de 35 cm^3 d'eau, l'animal continue à boire spontanément presque autant d'eau que l'animal témoin. Une telle perturbation dans le métabolisme hydrique ne trouble pas la croissance de l'animal; l'augmentation considérable de la diurèse, la modification de la qualité des urines ne s'accompagnent pas de modifications du poids des reins. L'étude des surcharges d'eau et de NaCl chez les Rats témoins et expérimentaux ne révèle pratiquement pas de différences importantes.

Conclusions. — L'étude des effets de la surcharge aqueuse prolongée atteignant 35 cm^3 par jour faite sur 41 Rats observés pendant des mois montre que :

1° La quantité d'eau ingérée librement n'est diminuée que de 5 à 15 % par rapport à l'animal normal; le phénomène de la soif n'est donc que très faiblement modifié.

2° La croissance n'est pas perturbée.

3° Le développement morphologique des deux reins et le degré de l'hypertrophie rénale compensatrice sont normaux.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Quelques remarques complémentaires sur la correspondance entre les champs gazodynamique et électromagnétique.* Note (*) de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

Dans le premier recueil de Mémoires publié en 1759 par l'Académie des Sciences de Turin, figure un Travail de Lagrange intitulé *Recherches sur la nature de la propagation du son.* Ce problème est également considéré dans sa *Mécanique analytique* ([1]). Lagrange y démontre que la propagation linéaire des ondes à la surface d'une mince couche d'eau stagnante et celle du son dans l'air sont déterminées par la même équation aux dérivées partielles que les oscillations transversales d'une corde vibrante.

Je me suis appliqué précédemment ([2]) à préciser les points de contact et de divergence entre les équations régissant les petits mouvements d'un gaz parfait et celles de Maxwell. Les figures schématiques ci-contre permettent de bien les mettre en évidence.

Dans la figure 1 la variation dans le temps de la profondeur de l'eau, ou bien de la masse $\vec{h}\rho\,dx\,dy$ où ρ est sa densité, et de celle de la pression $\vec{p}$ normale aux parois du canal, peuvent être considérées comme typiques pour une onde transversale, tandis que les variations dans le temps des vecteurs vitesse $\vec{V}$ et

(*) Séance du 12 juillet 1954.

([1]) 3e édition, t. I, seconde partie, Paris, 1853, p. 292-296.

([2]) *Comptes rendus*, 221, 1945, p, 391.

accélération $\dot{\vec{V}}$, colinéaire à la célérité $\vec{c}$ de l'onde, conduisent à considérer cette même onde comme longitudinale. On peut en dire autant de la propagation du son dans l'air, si l'on adopte le schéma de la figure 2. Mais dans une onde électromagnétique (*fig.* 3) il n'y a que des oscillations transversales, celles des vecteurs $\vec{p}$, $\vec{V}$ et $\dot{\vec{V}}$, tandis que le vecteur $\vec{\rho}$, colinéaire à $\vec{c}$, reste invariable. Dans les trois cas considérés les vecteurs $\vec{p}$, $\vec{\rho}$, $\dot{\vec{V}}$ déterminent un système d'axes trirectangles et l'on peut dire que, dans ces conditions, une force $\vec{\mathcal{F}}$ apparaît comme produit vectoriel d'une masse dirigée $\vec{M}$ par une accélération, $\vec{\mathcal{F}} = \vec{M} \times \dot{\vec{V}}$.

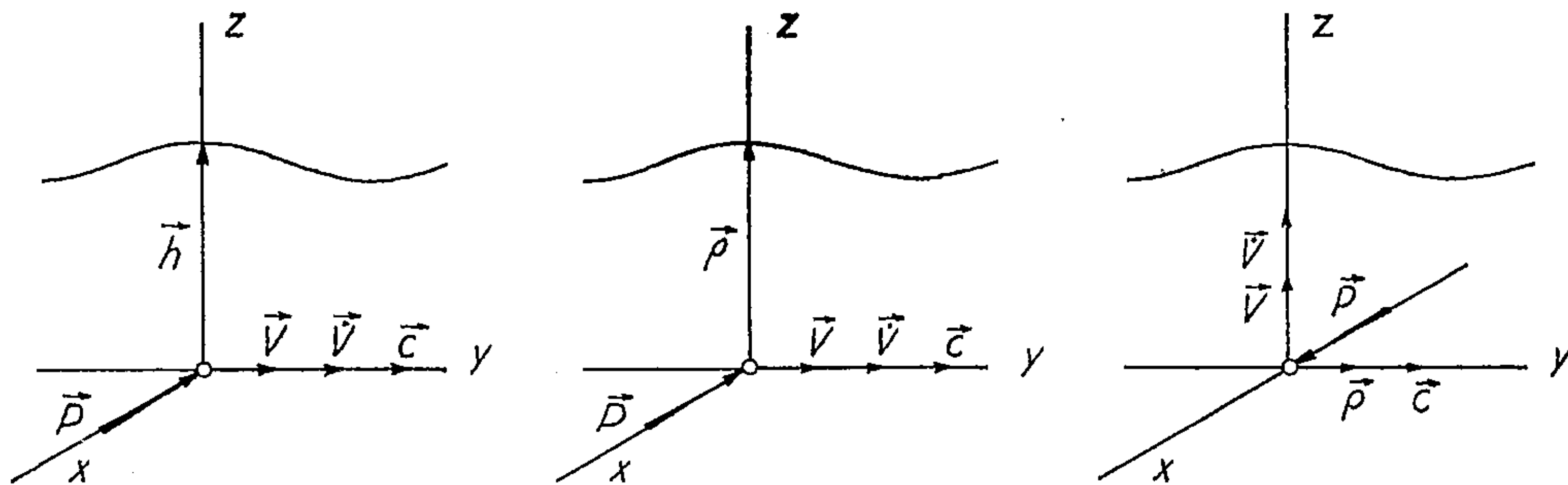


Fig. 1. — Propagation d'une onde à la surface d'une eau stagnante peu profonde.
Fig. 2. — Propagation du son dans l'air.
Fig. 3. — Propagation des ondes électromagnétiques dans un éther hypothétique.

Nous rappellerons maintenant, en la complétant, la transformation qui nous a permis d'établir une correspondance univoque et réciproque entre les éléments constitutifs des champs gazodynamique et électromagnétique. En admettant que les vitesses sont suffisamment petites pour qu'on puisse négliger leur carré, l'équation de la conservation de la masse et celles d'Euler prennent la forme ([3])

$$(1) \qquad \operatorname{div}\vec{V}_1 = -\frac{1}{c}\frac{\partial p}{\partial t}, \qquad \overrightarrow{\operatorname{grad}}\, p = -\frac{1}{c}\frac{\partial \vec{V}_1}{\partial t}, \qquad \vec{V}_1 = \rho_0 c \vec{V} = \rho_0 c V \vec{j}_1.$$

Prenons le produit scalaire des deux membres de la première des équations (1) et le produit vectoriel des deux membres de la seconde par $\vec{i}_1$, en tenant compte des relations

$$\operatorname{div} V_1 \vec{j}_1 = \operatorname{div}\left(V_1 \vec{k}_1 \times \vec{i}_1\right) = \vec{i}_1 \operatorname{curl} V_1 \vec{k}_1, \qquad \overrightarrow{\operatorname{grad}}\, p \times \vec{i}_1 = \operatorname{curl} p\vec{i}_1,$$
$$\vec{V}_1 = V_1 \vec{j}_1 \times \vec{i}_1 = -V_1 \vec{k}_1 = -\vec{V}_2, \qquad \operatorname{curl}\vec{p} = \vec{\rho} \times \dot{\vec{V}}, \qquad -\operatorname{curl}\vec{p} = \dot{\vec{V}} \times \vec{\rho}.$$

([3]) Ces équations ont déjà figuré dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, 221, 1945, p. 432), mais leur démonstration comportait une inexactitude, que je rectifie actuellement.

Il vient ainsi ([3])

$$\text{curl}\,\vec{V}_2 = \frac{1}{c}\frac{\partial\vec{p}}{\partial t}, \qquad \text{curl}\,\vec{p} = -\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{V}_2}{\partial t}.$$

Dans le cas des mouvements plans ces équations se réduisent à

$$\frac{\partial p_z}{\partial t} = \rho_0 c^2\left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right), \qquad -\rho_0\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial p_z}{\partial y}, \qquad \rho_0\frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial p_z}{\partial x}$$

et, en posant $v = 0$, à

$$\frac{\partial p_z}{\partial t} = -\rho_0 c^2\frac{\partial u}{\partial y}, \qquad \frac{\partial p_z}{\partial y} = -\rho_0\frac{\partial u}{\partial t}, \qquad c^2\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0.$$

La dernière de ces équations est celle des cordes vibrantes. Le fluide est incompressible, le mouvement rotationnel, les oscillations transversales.

Dans cette interprétation hydrodynamique des équations de Maxwell, la vitesse $\vec{V}$ et la pression $\vec{p}$ ne figurent que comme dérivées par rapport au temps et comme *curls*; on peut donc leur ajouter respectivement, des mouvements et pressions arbitraires dérivant de potentiels uniformes dans le temps.

M. **Henri Villat** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage dont il a écrit la *Préface* de MM. Jean Abelé et Pierre Malvaux intitulé : *Vitesse et univers relativiste*, avec une *note finale* de Olivier Costa de Beauregard.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée de la réunion à Bangkok, Thaïland, en janvier 1958, du **IX**e « **Pacific Science Congress** ».

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Persistance du Type de Mechta-el-Arbi en Afrique du Nord*, par Pierre A. Vassal.

2° *Bodas de oro de la Real Sociedad española de fisica y quimica*, 15-25 *abril* 1953. *Cronica de los actos commemorativos, conferencias generales, coloquios y sesiones cientificas*.

3° Union géodésique et géophysique internationale. Association de Météorologie. Réunion de Rome, 14-25 septembre 1954. *Programme. Résumé des communications*.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Emploi de la platine de Federoff pour la détermination des trois différences des tensions principales dans les modèles figés.* Note de MM. **Roger Fleury** et **Félix Zandman**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans la méthode dite des « contraintes figées » actuellement d'un emploi courant dans les problèmes photoélastiques à trois dimensions, on réalise un modèle en matière plastique thermodurcissable, lequel, refroidi sous charge, puis déchargé, présente une biréfringence caractéristique des contraintes initiales.

La détermination photoélasticimétrique de ces contraintes exige en fait la connaissance préalable des directions principales en chaque point intéressant, afin de pouvoir découper normalement à l'une de ces directions des lames qui sont examinées ensuite suivant la technique classique employée pour les modèles à deux dimensions.

Jusqu'à présent, il semble que les expérimentateurs aient tous utilisé quatre modèles identiques, l'un servant à déterminer les directions des découpages, les trois autres étant utilisés pour obtenir, par point étudié, trois coupes trirectangulaires. Or, les méthodes classiques des cristallographes permettent de déterminer les directions de tensions principales ainsi que les trois différences de ces tensions en chaque point du modèle en n'effectuant qu'une seule coupe, de direction arbitraire, fixée uniquement par des considérations d'exploration. Il suffit, en effet, de mettre cette coupe sur une platine théodolite universelle permettant de diriger les axes optiques suivant l'axe de visée d'un microscope polarisant. On obtient ainsi en deux visées l'angle 2β des axes optiques, lié, comme on sait, aux différences des indices principaux de réfraction par les relations :

$$\sin^2\beta = \frac{n_m - n_p}{n_g - n_p} \qquad \text{et} \qquad \cos^2\beta = \frac{n_g - n_m}{n_g - n_p}.$$

Les lois fondamentales de la photoélasticimétrie donnant entre les indices principaux de réfraction et les tensions principales, les relations

$$\begin{aligned}
\delta_1 &= (n_f - n_p)\, e_1 = \mathrm{C}(\sigma_f - \sigma_p)\, e_1,\\
\delta_2 &= (n_m - n_p)\, e_2 = \mathrm{C}(\sigma_m - \sigma_p)\, e_2,\\
\delta_3 &= (n_f - n_m)\, e_3 = \mathrm{C}(\sigma_f - \sigma_m)\, e_3,
\end{aligned}$$

la solution d'un problème tridimensionnel revient donc à mesurer l'angle 2β, l'un des retards optiques et l'épaisseur de la lame étudiée.

L'angle 2β peut être mesuré sans difficultés à $\pm 0,5°$, l'un des retards principaux au centième de longueur d'onde et l'épaisseur à $\pm 0,005$ mm. Avec les matériaux photoélastiques courants, l'épaisseur de la lame étudiée doit être de l'ordre du millimètre.

Nous avons appliqué cette méthode à divers cas particuliers dont la solution mathématique était connue et à d'autres cas dont la solution avait été donnée par les méthodes courantes. La concordance a été excellente avec des manipulations considérablement réduites et une finesse d'examen bien supérieure. Par exemple, dans l'étude d'une éprouvette cylindrique de 22 mm de diamètre, percée d'un trou normal à l'axe et soumise à la traction simple, la détermination de la seule contrainte longitudinale le long d'une génératrice du trou avait conduit Frocht (1) à procéder à 8 découpages longitudinaux, le nombre des points examinés étant limité par le nombre des coupes réalisées. Or, *une seule* plaquette découpée dans un modèle de mêmes dimensions nous a permis d'abord d'explorer 30 points sur la même génératrice, la seule limitation résultant de la puissance du microscope utilisé, et également de déterminer en chaque point les contraintes transversales.

HYDRAULIQUE. — *Sur les changements de régime dans les canalisations. Étude cinématographique de la transition.* Note (*) de M. **Louis A. Sackmann**, présentée par M. Joseph Pérès.

Rappel des travaux antérieurs et notations. — L'étude de la transition des régimes d'écoulement est entreprise par l'examen des oscillations du jet libre s'échappant d'une canalisation horizontale : pour une énergie totale donnée (charge motrice constante) et un nombre de Reynolds à l'intérieur du domaine de transition, les saccades du jet, témoins de la variation brusque de l'énergie cinétique restante du fluide, correspondent aux alternances des régimes laminaire et turbulent dont l'énergie dissipée par frottement est différente (lois de Poiseuille et de Blasius).

La caractéristique du phénomène est la vitesse de débit du moment U_*, variable en fonction du temps selon les alternances des régimes, et dont la valeur moyenne U est la vitesse de débit mesurée volumétriquement. La mesure de U_* est ramenée à celle de la portée horizontale du jet libre parabolique. L'examen du phénomène révèle que le jet libre oscille entre deux positions extrêmes, auxquelles correspondent deux vitesses du moment U_L et U_T (régime laminaire et turbulent), sans jamais s'immobiliser à une position intermédiaire.

Une première hypothèse de travail avait été formulée, en admettant que les régimes alternants se succèdent brutalement et que la fonction $U_* = f(t)$, *discontinue à chaque alternance, est schématisée par une courbe en créneaux dont les*

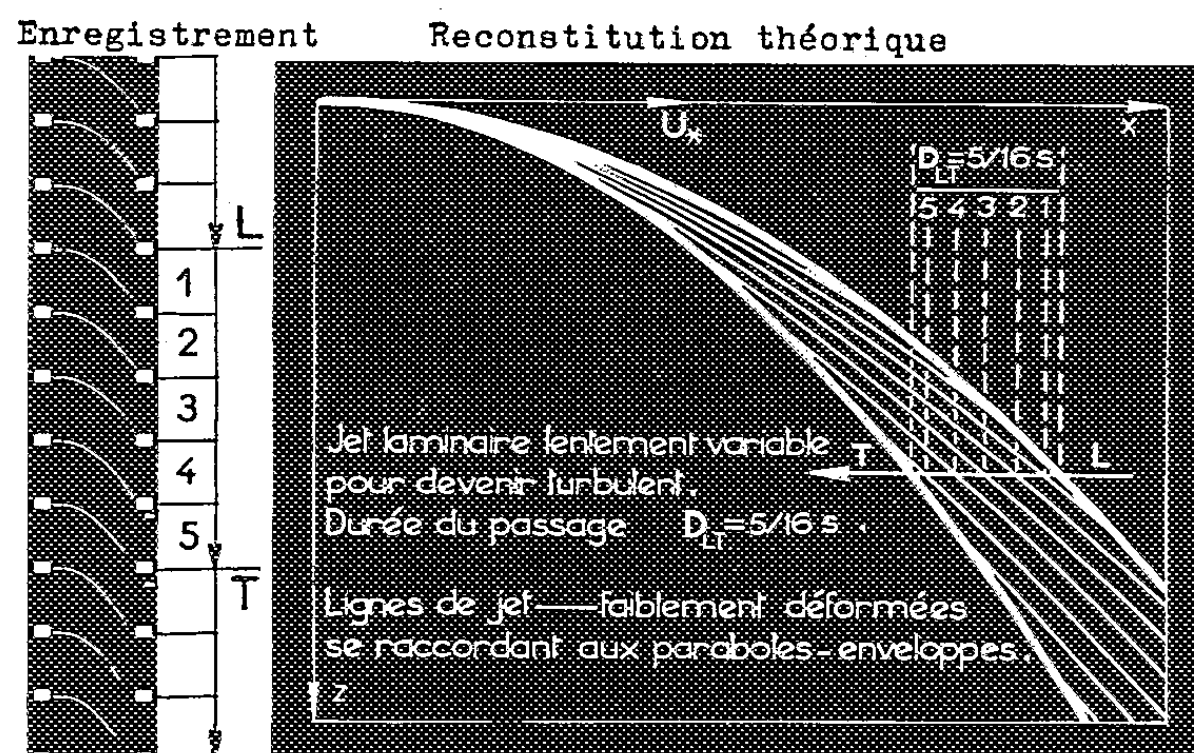
(1) *Photoelasticity*, 2, p. 439 (John Wiley and Sons).

(*) Séance du 5 juillet 1954.

paliers ont pour ordonnées U_L *et* U_T. Il suffisait, dans le cadre de ces travaux, de mesurer les portées extrêmes du jet oscillant ([1]).

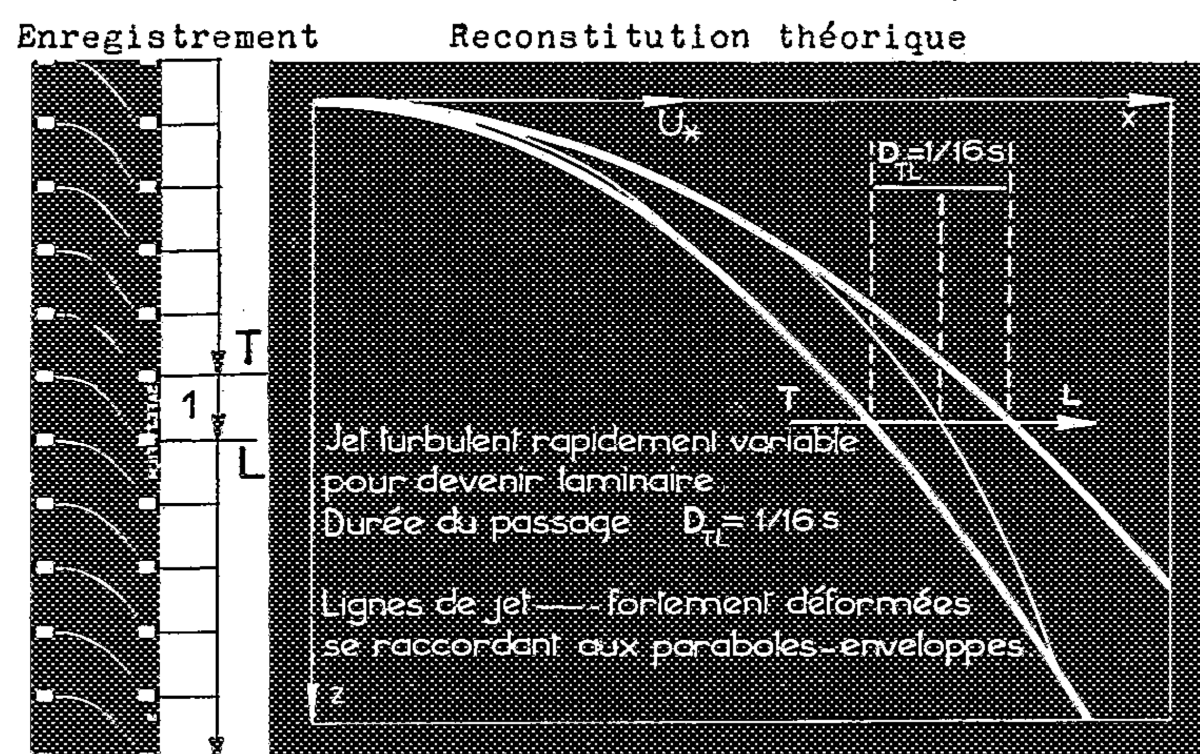
Passage du régime laminaire au régime turbulent
(Etablissement de la Turbulence)

Enregistrement Reconstitution théorique



Passage du régime turbulent au régime laminaire
(Amortissement de la Turbulence)

Enregistrement Reconstitution théorique



SUR LES CHANGEMENTS DE REGIME DANS LES CANALISATIONS
ETUDE CINEMATOGRAPHIQUE DE LA TRANSITION

Objet des travaux actuels et Principe expérimental. — En vue d'étudier de plus près la fonction $U_* = f(t)$, l'objet des travaux actuels consiste à faire l'enregistrement cinématographique du phénomène : avec la fréquence

---

([1]) L. A. SACKMANN, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 328 et précédentes; *Coll. Int. Mécanique Poitiers*, 251, *P. S. T. Air*, 1950; *Congr. Int. Mécan. Istanbul*, 1952 (à paraître).

normale n de 16 images/s, on définit les singularités de la fonction $f(t)$ à $1/n = 0,06$ s près, la durée des instantanés, $1/2\,n = 0,03$ s, étant suffisante pour immobiliser très nettement sur le film les images du jet liquide.

Résultats. — Nous rapportons ici les résultats pour le milieu du domaine de transition (vitesse de débit U correspondant au nombre de Reynolds critique) où les régimes alternants sont également probables.

Deux faits significatifs nouveaux du phénomène sont mis en évidence :

1° *Les passages réciproques des régimes* $L \rightleftharpoons T$ *ont des durées finies,* puisque, au cours du temps, des images de jet s'intercalent entre les images extrêmes paraboliques L et T (*voir* enregistrements de la figure).

La fonction $U_* = f(t)$ n'est donc pas discontinue aux alternances, mais caractérisée par une constante de temps $D_{L \rightleftharpoons T}$ du passage des paliers $U_L \rightleftharpoons U_T$.

2° *Les passages réciproques des régimes sont dissymétriques :* $D_{L \to T} > D_{T \to L}$:

— le régime turbulent s'établit relativement lentement : $D_{L \to T} \sim 5/16$ s;

— Le régime laminaire s'établit relativement rapidement : $D_{T \to L} \sim 1/16$ s.

Théorie élémentaire. — Une nouvelle hypothèse peut être formulée, en admettant que durant les alternances, la vitesse U_* *évolue linéairement en fonction du temps entre les limites* U_L *et* U_T.

On pourra alors calculer la forme des lignes du jet intermédiaires qui, du point de vue analytique, jouent le rôle de lignes d'émission, au sens des variables de Lagrange de la cinématique d'un mouvement non permanent. Ces lignes s'appuient sur les paraboles L et T qui en sont les enveloppes.

Les résultats de calcul, adaptés aux conditions d'expérience, sont présentés face aux enregistrements; on retrouve l'allure typique du phénomène :

— jet laminaire peu déformé et lentement variable pour devenir turbulent;

— jet turbulent très déformé et rapidement variable pour devenir laminaire.

Conclusions. — Une fréquence cinématographique plus élevée, et surtout l'enregistrement continu, permettront d'analyser plus finement l'allure intime du phénomène, ce que nous aurons l'occasion d'exposer prochainement.

ASTRONOMIE. — *Sur l'application de l'étude de l'agitation atmosphérique par la méthode de Hartmann au choix d'un emplacement d'observatoire.* Note (*) de M. **Jean Rösch**, présentée par M. André Danjon.

Le procédé d'étude de la forme de la surface d'onde tombant sur un objectif astronomique décrit précédemment (1) semble aisément utilisable dans une prospection étendue destinée au choix d'un emplacement d'observatoire, et les résultats obtenus jusqu'ici par cette méthode dans le cas

(*) Séance du 12 juillet 1954.

(1) J. Rösch, Communication à la Société française de Physique, 23 février 1954, *Journal de Physique*, 15, 1954, p. 39S.

d'un grand réfracteur déjà existant indiquent clairement les avantages qu'elle offrirait pour une telle investigation.

Rappelons que la méthode n'est autre que celle de Hartmann employée pour l'étude des objectifs en laboratoire. Elle a été utilisée au Pic-du-Midi sur l'objectif de 60 cm (F = 18 m) du Grand Coudé de l'Observatoire de Paris, couvert d'un écran perçé de 12 trous de 85 mm de diamètre répartis en deux couronnes concentriques. Les 12 pinceaux sont reçus sur un film de 16 mm, hors du foyer. La méthode de mesure et de dépouillement qui conduit à la surface d'onde a déjà été décrite. Depuis la rédaction de l'article cité, la cadence a pu être portée à 7 images par seconde pour une étoile de magnitude + 0,24 (α Bootis). Les résultats les plus intéressants en vue de l'application à une campagne de prospection sont les suivants :

1° Sur un cercle de 60 cm de diamètre, il est la plupart du temps impossible de considérer la surface d'onde comme une portion de plan. Pour une *turbulence* estimée voisine de 0″,25 à 0″,30 par la méthode de l'aspect de la figure de diffraction [2], les différences de marche entre les *creux* et les *crêtes* de la surface d'onde peuvent atteindre une longueur d'onde : il n'y a pas lieu de s'en étonner, car l'aspect de la figure de diffraction traduit une moyenne. Les distances, sur la surface, entre *creux* et *crêtes* se chiffrent en décimètres. L'intervalle de 1/7ᵉ de seconde n'est pas toujours assez court pour permettre de suivre la déformation de la surface d'onde.

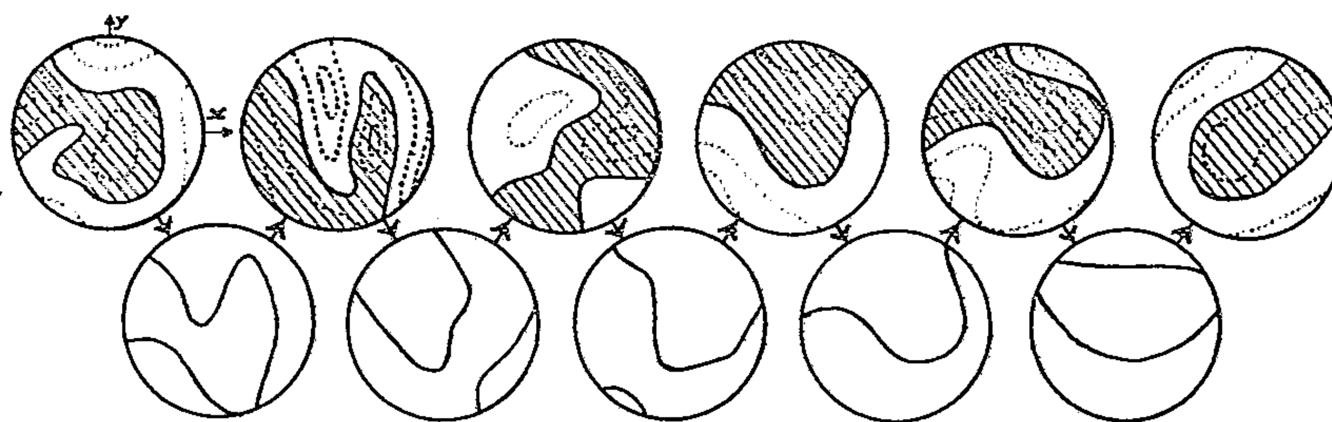


Fig. 1. — Exemple de variation dans le temps de la déviation des rayons dans la direction de l'axe des x, sur un objectif de 60 cm de diamètre. *Ligne supérieure* : figures consécutives (7 par seconde) déduites des mesures; *ligne inférieure* : figures intermédiaires obtenues par interpolation. (Équidistance des courbes : 0″,15).

Si l'on veut connaître le caractère général de la turbulence en vue de choisir l'emplacement d'un instrument de grand diamètre, il importe donc d'essayer de le faire au moyen d'un instrument sinon aussi grand, du moins d'un diamètre largement supérieur à la limite de quelques décimètres au-dessous de laquelle on trouvera trop souvent une portion de surface d'onde assimilable à un plan, alors qu'il n'en serait rien sur l'étendue totale de l'objectif du futur instrument.

(2) DANJON et COUDER, *Lunettes et Télescopes*.

2° Certaines des figures obtenues sur une étoile, et celles obtenues par autocollimation (une source étant placée au foyer de l'instrument, et un miroir plan immédiatement devant l'objectif) la coupole étant soit ouverte, soit fermée, montrent avec évidence l'influence primordiale des *effets de trappe* (échanges d'air entre l'intérieur de la coupole et l'extérieur) et des *effets de tube.* C'est ainsi que les figures reproduites ci-dessous montrent une déformation importante, persistant, avec quelques fluctuations, sur *certains* pinceaux, donc nécessairement liées à un effet instrumental.

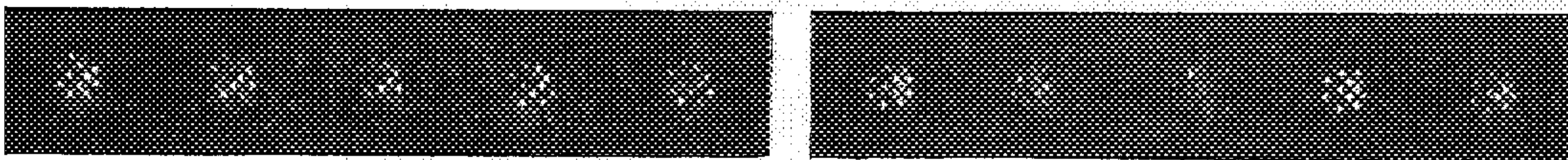


Fig. 2. — Deux groupes d'images consécutives, même instrument, soirées différentes. Diamètre moyen d'une image 10".

Ces effets de tube peuvent donc altérer considérablement l'estimation de la *turbulence*, même si l'instrument est installé en plein air; à plus forte raison si l'on y ajoute les effets de trappe d'une coupole du type conventionnel.

Il semble possible de mettre en œuvre la méthode de Hartmann au moyen d'un appareillage répondant aux conditions ci-dessous, tout en restant facile de construction, de transport, et de maniabilité.

En effet, rien n'oblige à utiliser un objectif unique ayant le diamètre voulu, et l'on peut se contenter d'un jeu de petits objectifs ou miroirs de même longueur focale, répartis uniformément sur la surface à étudier. Aucune condition sévère d'égalité des longueurs focales, ou de centrage, n'est imposée, puisque les pinceaux sont utilisés séparément, qu'on mesure des directions de rayons (et non des différences de marche), et qu'une déformation systématique de la figure-type est admise, pourvu qu'elle soit invariable pendant les deux à trois minutes nécessaires pour une série de poses. Pour les mêmes raisons on peut utiliser un type de monture comportant des miroirs plans formés de plusieurs petits miroirs, un par pinceau. On pourrait aisément couvrir une surface de l'ordre du mètre carré avec une vingtaine d'objectifs de 4 à 5 m de longueur focale (pour 8 cm de diamètre), et des miroirs plans composites renvoyant le faisceau sur une lentille divergente unique portant la longueur focale résultante à une quinzaine de mètres. Le tout se prête bien à une installation en plein air sans aucun tube. La précision du guidage et la rigidité n'étant pas imposées de façon très stricte, la construction peut être légère. L'ensemble esquissé ci-dessus serait facile à installer sur une remorque munie de vérins de mise en station.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur le rayonnement des Céphéides. Interdépendance des paramètres.* Note (*) de Mlle **Renée Canavaggia** et M. **Jean-Claude Pecker**, présentée par M. André Danjon.

L'interprétation du rayonnement des Céphéides à partir de mesures de magnitudes, fait intervenir des paramètres de forme et des paramètres d'échelle. Les paramètres d'un groupe s'impliquent mutuellement et sont indépendants des paramètres de l'autre groupe.

On suppose connues les données directes de l'observation photométrique, c'est-à-dire deux jeux (au moins) de magnitudes, m_i et m_j et par conséquent aussi la variation de l'indice de couleur et les états 1, 2, ..., 1′, 2′, ... de même indice.

Soit F, le flux sortant, $R = R_0 + \Delta R$ le rayon photométrique, support des brillances, et soit

$$m_i = -2{,}5 \log F_i R^2 + Ct, \qquad \mu_i = -2{,}5 \log F_i, \qquad m_r = -5 \log R.$$

1. Paramètres de forme (Formes et amplitudes des variations relatives). — Les données directes n'impliquent pas une variation relative du rayon et une variation relative du flux, mais seulement une relation entre les deux variations. Si l'on pose $\mu_i = a(m_j - m_i) + Ct$, hypothèse qui sera longuement discutée ailleurs, on a

$$5 \log R = a(m_j - m_i) - m_i + Ct.$$

En faisant varier le paramètre a, on obtient la collection (C) des courbes $5 \log R$ compatibles avec les observations. La figure représente quelques courbes ainsi obtenues à partir des données de Wesselink ([1]) pour δ *Cephei* ($\lambda_i = 5530$, $\lambda_j = 4400$). On voit que le paramètre a fixe à la fois la forme de la courbe $5 \log R$, son amplitude (variation relative du rayon), l'amplitude de variation des μ_i (variation relative du flux). Il fixe aussi la forme de la courbe ΔR. (On a, en effet, avec l'approximation de Wesselink, $\Delta R = \overline{R}/5 \log e \, \Delta 5 \log R$, les Δ étant comptés à partir de R_0).

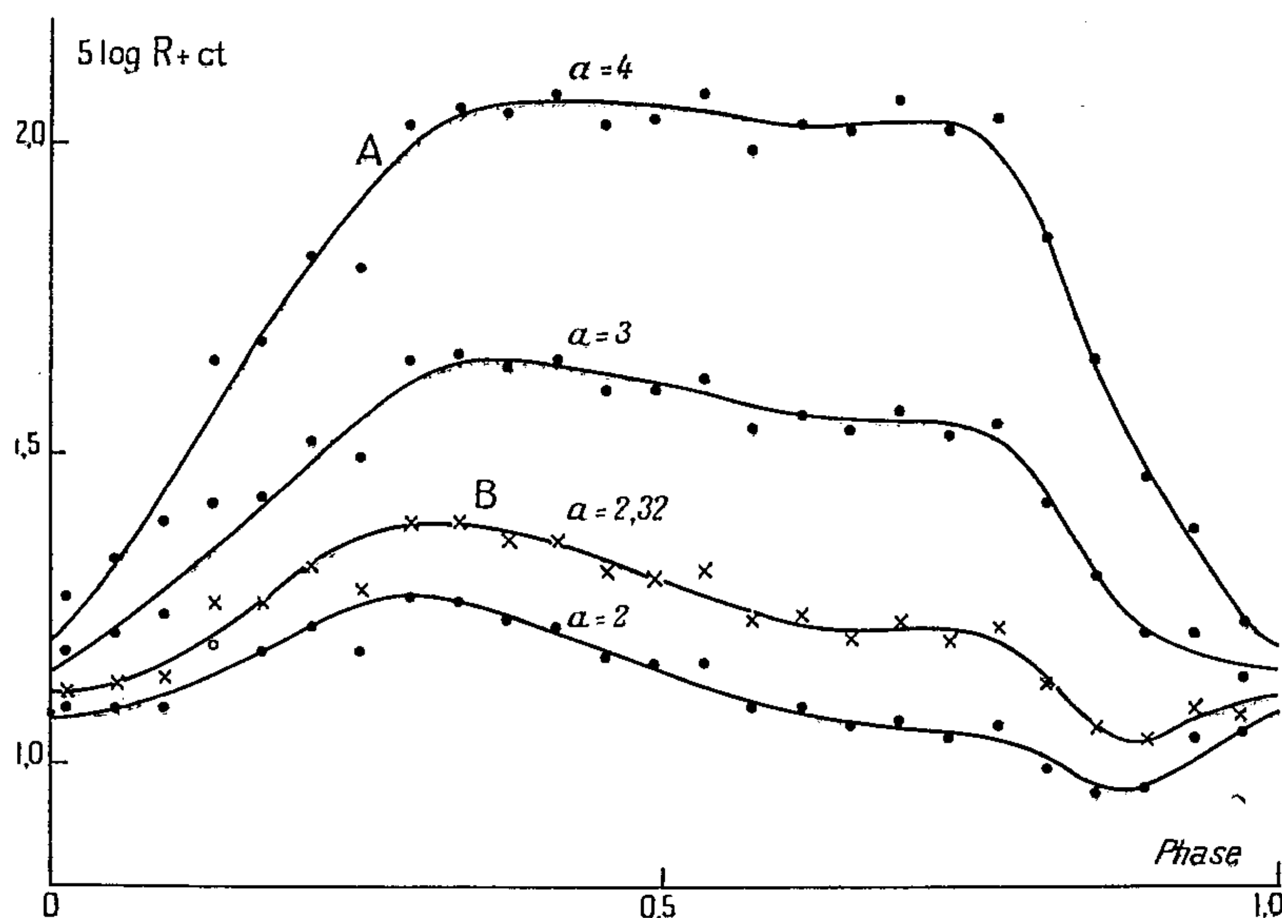
Tous ces paramètres s'impliquent mutuellement. Fixer l'un d'eux, c'est fixer tous les autres.

Remarque sur les états de même indice. — Avec l'hypothèse faite, les $\log R_i/R_{i'}$ sont des données directes de l'expérience. Ils se conservent à travers toutes les courbes (C).

(*) Séance du 12 juillet 1954.

([1]) *B. A. N.*, 368, 1946, p. 91.

2. PARAMÈTRES D'ÉCHELLE. — Avec l'approximation de Wesselink, on passe de la collection (C) des courbes $5 \log R$ à la collection $(C')_{\bar{R}}$ des courbes ΔR compatibles avec les données directes et avec le rayon moyen $\bar{R}$, par un simple changement d'échelle (multiplication par $\bar{R}/5 \log e$).



A travers toutes les courbes $(C')_{\bar{R}}$, les $\Delta R_i - \Delta R_{i'} = \Delta R_{ii'}$ des états de même indice se conservent (puisque ce sont les données directes $5 \log R_i/R_{i'}$, multipliées par le facteur d'échelle $\bar{R}/5 \log e$).

$\bar{R}$ et les $\Delta R_{ii'}$ s'impliquent mutuellement (une fois acquises les données directes photométriques). Ce sont, d'autre part, des paramètres libres par rapport aux premiers : ils ne les commandent pas et ne sont pas commandés par eux. Ce sont des paramètres d'échelle purs.

Remarque. — L'amplitude $|\Delta R|$ d'une courbe ΔR est une grandeur mixte, dépendant d'une combinaison $\bar{R}$, a. Jointe à un rayon, elle détermine les paramètres de forme, et jointe à une forme [de la collection (C)], elle détermine le rayon.

APPLICATIONS. — *a*. Nos modèles [2], confirment l'hypothèse $\Delta\mu_i = a\Delta(m_j - m_i)$ (sous certaines réserves), avec un a voisin de celui du corps noir (lequel est égal à 4 pour les i et j de Wesselink). Ils conduisent donc à une courbe $5 \log R$ de la forme A. Conduiraient à la forme B des modèles qui rendraient compte des $\Delta(m_j - m_i)$ observés par des $\Delta\mu_i$ beaucoup plus petits (environ moitié).

b. La courbe classique ΔR fournie par les vitesses radiales, acceptée comme

---

[2] *Ann. Astrophys.*, 16, 1953, p. 47.

donnant le ΔR photométrique en forme et en grandeur, détermine : les paramètres 1 par sa forme, les paramètres 2 par son échelle.

Étant de forme B, elle conduit à un paramètre a petit ($a = 2,3$ selon Wesselink), et aux caractères associés : $|\Delta \log R|$ petit, $|\Delta\mu_i|$ petit (autrement dit variation exagérée de l'indice de couleur pour une variation $\Delta\mu_i$ donnée).

Par échelle, il faut entendre les $\Delta R_{ii'}$ (*cf.* Wesselink) ou encore le paramètre mixte $|\Delta R|$ associé à la forme particulière considérée. Un $|\Delta R|$ associé à la forme B conduit à un rayon plus grand que le même $|\Delta R|$ associé à la forme A (à un rayon double, environ).

c. On a voulu voir quelques fois, dans le critère de Wesselink (dans le fait que les points s'alignent), la preuve de ce que la courbe ΔR adoptée par Wesselink (courbe de forme B fournie par les vitesses radiales) était en phase avec la courbe $5 \log R$ du rayon photométrique. Il n'en est rien. Le critère de Wesselink, qui consiste à porter les $\log R_i/R_{i'}$ (données directes) en ordonnées, et les $\Delta R_{ii'}$ (facteurs d'échelle purs) en abscisses, n'a rien à voir avec les paramètres de forme. Il prouve tout au plus que la courbe ΔR adoptée est approximativement en phase avec une courbe (quelconque) de la collection (C).

ASTROPHYSIQUE. — *Photométrie de l'éclipse de lune de janvier* 1953.

Note de M. **Ernest Vigroux**, présentée par M. André Danjon.

La détermination de la densité de l'ombre dans le domaine visible fait bien ressortir les bandes de l'ozone. On trouve également deux bandes de l'oxygène à 6 300 et 5 780 Å et, au-dessous de 5 600 Å, une absorption dont la densité reste à peu près constante jusqu'à 4 700 Å environ.

Les clichés ont été pris à l'Observatoire de Haute-Provence avec le télescope de 80 cm et le spectrographe à oscillation [1] (dispersion 6 mm entre 6 365 et 4 435 Å). Après enregistrement au microphotomètre, on a mesuré la densité de l'ombre Δ_λ dans le domaine visible sur 13 spectres différents. Les résultats de ces mesures sont représentés par les courbes de la figure 1. Les courbes correspondant aux plus grandes masses d'air s'étendent moins loin du côté des courtes longueurs d'onde, à cause de la diffusion.

On peut repérer les bandes d'absorption de O_3, indiquées par la lettre *a* sur la figure 1 ; les maxima sont situés aux longueurs d'onde suivantes : 6 020, 5 760, 5 630, 5 450, 5 340, 5 150, 5 060, 4910, 4 830, 4 700, 4 600, 4 520 et 4 440 Å.

La lettre *b* marque les positions de bandes dues à la molécule O_2.

Nota. — Toutes les données concernant l'ozone (coefficient, effet de température) sont celles qui ont été publiées dans ma thèse [2].

[1] Baillet, Chalonge et Cojan, *Ann. Astr.*, 15, 1952, p. 144.

[2] Vigroux, *Thèse* (*Ann. Ph.*, 12e série, 8, 1953).

Avec ces valeurs de Δ_λ on mesure les épaisseurs réduites e d'ozone et les masses d'air m, en utilisant l'intervalle spectral 5 900-6 150 Å, où on suppose

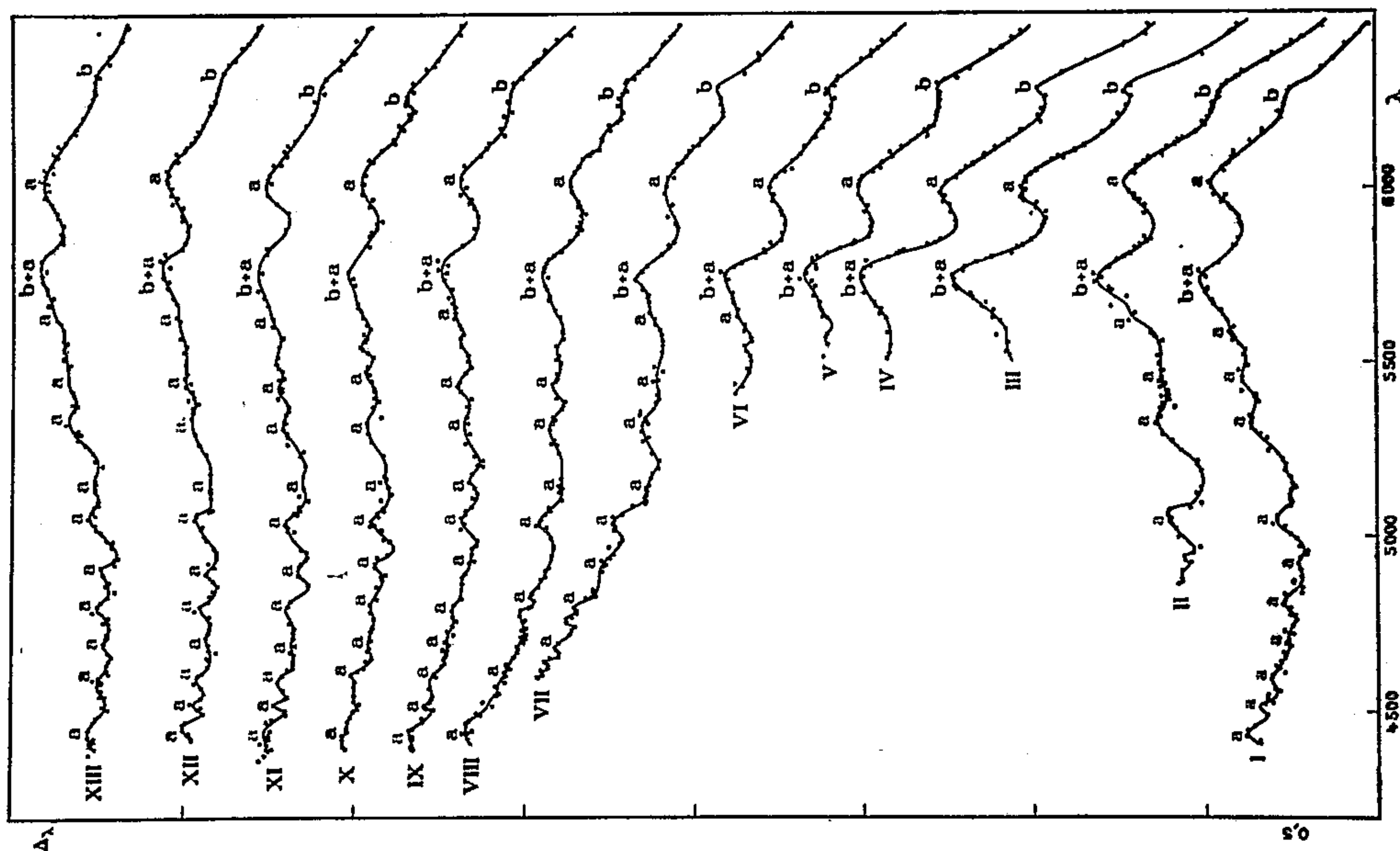


Fig. 1.

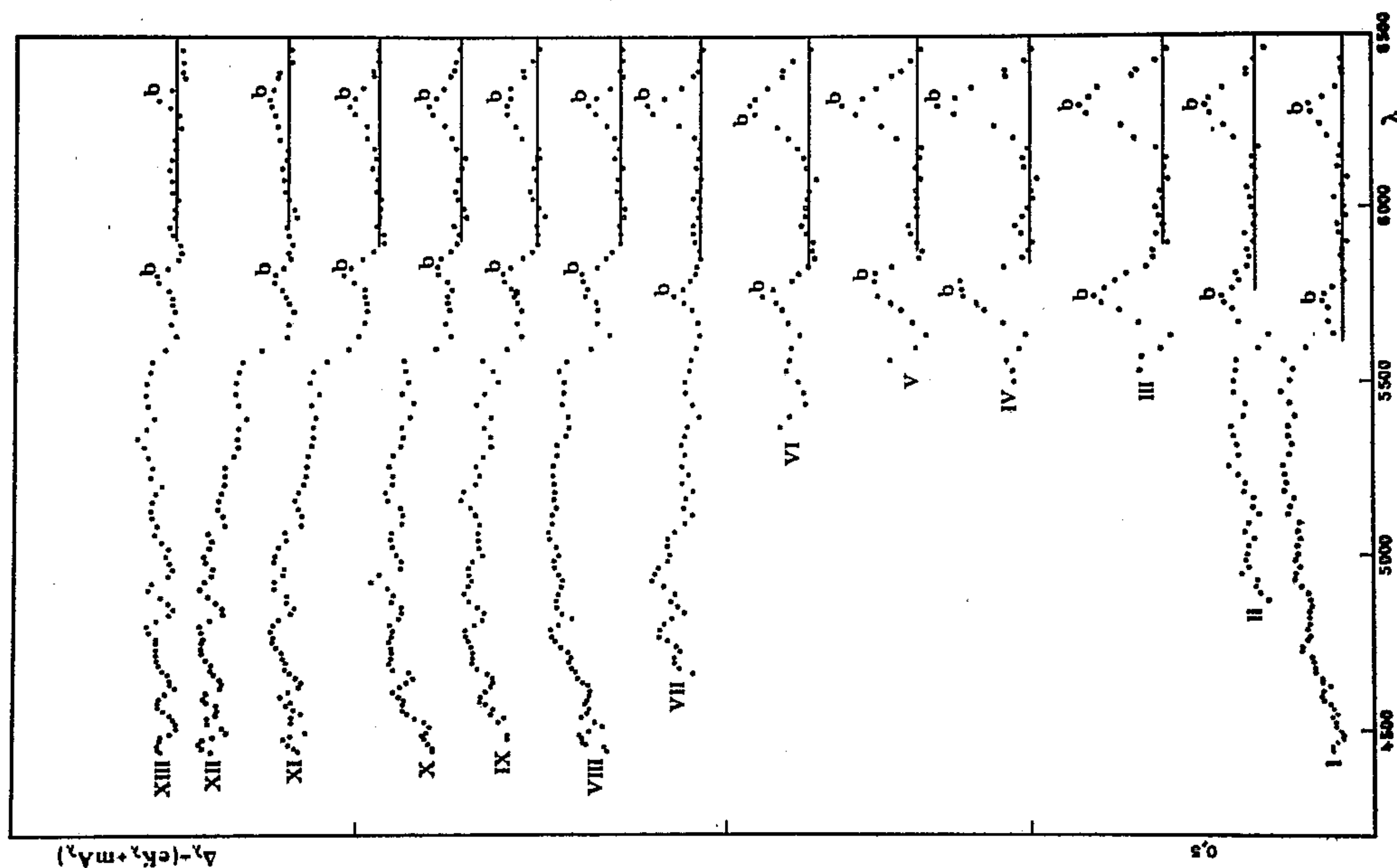


Fig. 2.

que les seules causes d'affaiblissement du faisceau sont la diffusion et l'absorption par l'ozone. Connaissant e et m, on calcule pour chaque spectre les différences $\delta_\lambda = \Delta_\lambda - (e K_\lambda + m A_\lambda)$, en posant $A_\lambda = c(\mu_0^2 - 1)^2 \lambda^{-4}$. Les causes

d'affaiblissement sélectives, différentes des deux précédentes, se traduisent par la variation de δ_λ en fonction de λ. Les courbes qui représentent δ_λ sont tracées sur la figure 2. On y voit deux maxima très nets à 6300 Å (déjà apparent sur la figure 1) et vers 5780 Å, puis au voisinage de 5600 Å une variation assez brusque qui reste presque constante jusque vers 4700 Å. Cette variation, de l'ordre de 0,07, ne paraît guère dépendre de l'altitude.

Les deux bandes à 6300 et 5780 Å sont dues à la molécule O_2. Pour la bande 6300 on calcule sur chaque courbe de la figure 2 la surface S de la « bosse » (surface limitée par le tracé de la courbe et la droite menée parallèlement à l'axe des abscisses), puis on construit une courbe en prenant comme coordonnées de chaque point m et S : les divers points se placent au voisinage d'une droite. Ceci prouve que la densité optique est proportionnelle à m; par suite les coefficients d'absorption ne dépendent pas de la pression [pour $(O_2)_2$ ils seraient proportionnels à la pression]. L'élément absorbant ne peut être que la molécule O_2.

Pour la bande 5780 on ne peut guère mesurer les surfaces des bosses, car les mesures sont moins précises à cause du trou de sensibilité des plaques et d'autre part l'effet est moins marqué qu'à 6300.

Mais en mesurant les densités optiques maxima δ et δ' des deux bosses on peut comparer les rapports δ/δ' pour l'ensemble des spectres.

A la précision des mesures, on trouve qu'on peut considérer les densités optiques comme proportionnelles et attribuer la bande 5780 à la molécule O_2.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'existence des solutions de systèmes finis d'équations fonctionnelles non linéaires.* Note (*) de M. **Roland Guy**, présentée par M. Louis de Broglie.

On établit l'existence de solutions de systèmes d'équations fonctionnelles ou intégrales par la méthode des approximations successives dans des hypothèses lipschitziennes et dans des topologies diverses.

1. Soit le système d'équations fonctionnelles :

$$\mathfrak{U}_i = \mathfrak{U}_i^0 + \lambda \sum_{j=1}^{n} F_{ij}(\mathfrak{U}_j) \qquad (i, j = 1, \ldots, n), \tag{1}$$

où $\mathfrak{U}_i$ et $\mathfrak{U}_i^0$ sont des éléments d'un A-module unitaire distancié complet $\mathfrak{A}$ sur le corps des complexes C (la distance étant donnée par une fonction d) et F_{ij} un ensemble de transformations non linéaires définies dans $\mathfrak{A}$.

On écrit les approximations :

$$\mathfrak{U}_i^{(0)} = \mathfrak{U}_i^0, \qquad \ldots, \qquad \mathfrak{U}_i^{(n)} = \mathfrak{U}_i^0 + \lambda \sum_{j=1}^{n} F_{ij}(\mathfrak{U}_j^{(n-1)}), \qquad \ldots \tag{2}$$

(*) Séance du 5 juillet 1954.

On montre alors :

THÉORÈME. — *Si l'ensemble des F_{ij}, quels que soient i et j est tel que :*

1° *le contredomaine $\mathcal{D}_{F_{ij}}$ de F_{ij} est intérieur à son domaine de définition $\Delta_{F_{ij}}$;*

2° *la condition de Lipschitz*

$$d[F_{ij}(\mathcal{U}') - F_{ij}(\mathcal{U}'')] \leqq f_{ij} | d[\mathcal{U}' - \mathcal{U}'']$$

pour $\mathcal{U}'$ et $\mathcal{U}'' \in \Delta_{F_{ij}}$, $f_{ij} \in C$ est satisfaite, et si en outre :

$$(3°) \qquad \lambda < \frac{1}{N},$$

N étant le plus grand des nombres $n_i = \sum_{j=1}^{n} f_{ij}$ qui apparaissent au cours de la démonstration, les séries

$$(3) \qquad \mathcal{U}_i = \mathcal{U}_i^{(0)} + \sum_{k=1}^{\infty} (\mathcal{U}^{(k)} - \mathcal{U}^{(k-1)})$$

convergent au sens de d et donnent l'unique solution de (1).

En effet, au moyen des propriétés de la distance, des hypothèses 1° et 2°, on peut majorer le terme général de (3) par

$$d[\mathcal{U}_i^{(n)} - \mathcal{U}_i^{(n-1)}] \leqq \lambda^n M \sum_{l=1}^{n} f_{lj} \ldots \sum_{m=1}^{n} f_{lm} \leqq M |\lambda|^n N^n$$

avec $d[\mathcal{U}_i^0 - 0] = M$ quel que soit i; alors en vertu de 3° et du fait que $\mathfrak{A}$ est complet, ceci entraîne la convergence uniforme de (3) au sens de d. Pour montrer que la solution est unique, on écrit que les systèmes $\mathcal{U}_i'$ et $\mathcal{U}_i''$ satisfont chacun à (1), on fait la différence membre à membre des deux expressions ainsi obtenues et on arrive à un système d'équations homogènes dont le système de solutions est identiquement nul; $(\mathcal{U}_i' - \mathcal{U}_i'' = 0)$.

2. Supposons que $\mathfrak{A}$ soit un ensemble de transformations linéaires bornées $\mathcal{U}_i$ d'un espace de Banach B. On peut remplacer la topologie au sens de d par les topologies classiques (uniformes, fortes, faibles) des transformations des espaces de Banach. En modifiant alors convenablement la condition 3° de Lipschitz du théorème précédent, on arrive aux mêmes conclusions.

Si l'on pose

$$(4) \qquad \sum_j F_{ij}(\mathcal{U}_j) = \int_{t_0}^{t_1} \sum_j \mathcal{F}_{ij}(t, \tau; \mathcal{U}_j(\tau)) \quad .$$

$\mathcal{F}_{ij}$ étant des transformations définies dans un domaine $\Delta_{\mathcal{F}_{ij}}$ de B à contre-domaine $\mathcal{D}_{\mathcal{F}_{ij}}$ intérieur à $\Delta_{\mathcal{F}_{ij}}$ et telles que : ou

a. les séries $I_n = \sum_{j=1}^{n} \mathcal{F}_{ij}(t, \tau; \mathcal{U}_i^{(n)}(\tau))$ sont intégrables au sens de Bourbaki [1], la topologie étant celle de la norme de $\mathfrak{A}$ (non celle de B) quel que soit n et quels que soient t et τ dans le produit direct $I \times I \times \ldots \times I$ ($n+1$ fois) de l'intervalle compact I de la droite réelle R, ou

b. si $I_n X$ sont intégrables dans le même sens, la topologie étant celle de la norme de B quels que soient n, t et τ dans le produit topologique et X dans B, ou si

c. $X^*[I_n X]$ sont intégrables au sens de Pettis [2] quels que soient n, t et τ dans le produit topologique, $X \in B$ et $X^* \in B^*$ dual topologique de B,
et si l'on a des conditions de Lipschitz convenables dans chacune des topologies utilisées ainsi que des conditions du même type que 3°, on arrive également aux mêmes conclusions. Pour des intégrations à limites variables, des conditions analogues à 3° sont inutiles, des factorielles apparaissent dans les termes de la majorante qui assurent la convergence uniforme quel que soit λ.

En posant $n = 1$, on tombe sur des équations fonctionnelles ou intégrales.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Application de la solution générale des équations $g_{\underset{+-}{\mu\nu};\rho} = 0$ à la détermination d'une connexion affine particulière*

Note (*) de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Nous avons déterminé la solution générale et rigoureuse des équations d'Einstein $g_{\underset{+-}{\mu\nu};\rho} = 0$ [1]. Cette solution qui explicite entièrement la connexion affine $\Gamma^\rho_{\mu\nu} = \Gamma^\rho_{\underline{\mu\nu}} + \Gamma^\rho_{\underset{\vee}{\mu\nu}}$ en fonction des champs $g_{\mu\nu} = \gamma_{\mu\nu} + \varphi_{\mu\nu}$ est la suivante [2] :

$$\Gamma^\rho_{\mu\nu} = \Gamma^\rho_{\underline{\mu\nu}} + \Gamma^\rho_{\underset{\vee}{\mu\nu}} = \left\{ {\rho \atop \mu\nu} \right\} + \gamma^{\rho\lambda}\left(\Gamma^\sigma_{\underset{\vee}{\mu\lambda}}\varphi_{\sigma\nu} + \Gamma^\sigma_{\underset{\vee}{\nu\lambda}}\varphi_{\sigma\mu}\right) + \Gamma^\rho_{\underset{\vee}{\mu\nu}}, \tag{1}$$

(1) N. Bourbaki, *Fonct. de Var. réelles*, chap. II, Paris, 1949, p. 63.

(2) Pettis, *Amer. Math. Soc.*, 44, 1928, p. 280.

(*) Séance du 5 juillet 1954.

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 182; *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 81; 13, 1952, p. 177.

(2) Rappelons que g, γ et φ sont les déterminants formés par les $g_{\mu\nu}$, $\gamma_{\mu\nu}$, $\varphi_{\mu\nu}$; que $gg^{\mu\nu}$, $\gamma\gamma^{\mu\nu}$, $\varphi\varphi^{\mu\nu}$ sont les mineurs correspondant aux éléments $g_{\mu\nu}$, $\gamma_{\mu\nu}$, $\varphi_{\mu\nu}$; que $\{\ \}$ représente les symboles de Christoffel formés avec les $\gamma_{\mu\nu}$ et $\mathring{D}_\rho$ la dérivation covariante effectuée avec ces symboles; que $f_\rho = \gamma_{\rho\sigma} f^\sigma = \gamma_{\rho\sigma}[(1/\sqrt{-g})\,\partial_\gamma \sqrt{-g} f^{\sigma\lambda}]$ avec $g^{\mu\nu} = h^{\mu\nu} + f^{\mu\nu}$. (Cette définition entraînant $\Gamma_\rho = \Gamma^\sigma_{\underset{\vee}{\rho\sigma}} = h_{\rho\sigma} f^\sigma = f_\rho - f_{\bar{\bar{\rho}}}$); Rappelons enfin que nous avons toujours adopté les notations suivantes :

$$A^*_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} = (\sqrt{-\gamma/2})\,\varepsilon_{\mu\nu\lambda\sigma}\gamma^{\lambda\pi}\gamma^{\sigma\tau}A_{\underset{\vee}{\pi\tau},\rho}, \qquad A_{\bar{\bar{\rho}}} = \varphi_{\rho\mu}\gamma^{\mu\nu}\varphi_{\nu\lambda}\gamma^{\lambda\sigma}A_\sigma, \qquad \varphi_{\mu\nu\rho} = \partial_\rho\varphi_{\mu\nu} + \partial_\nu\varphi_{\rho\mu} + \partial_\mu\varphi_{\nu\rho}.$$

la partie antisymétrique $\Gamma_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} = \gamma_{\rho\sigma}\Gamma^{\sigma}_{\underset{\vee}{\mu\nu}}$ de la connexion se déduisant des expressions

$$(2) \qquad (a^2+b^2)\,\Gamma_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} = a\,S_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} + b\,S^{\star}_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho},$$

$$(3) \qquad S_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} = \left(2 - \frac{g}{\gamma} + \frac{\varphi}{\gamma}\right) R_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} - \frac{2\sqrt{\varphi}}{\sqrt{-\gamma}} R^{\star}_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} - R_{\underset{\vee}{\mu\nu},\overline{\overline{\rho}}},$$

$$(4) \quad R_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} = -\frac{1}{2}\varphi_{\mu\nu\rho} + \mathring{D}_{\rho}\varphi_{\mu\nu} + \frac{\sqrt{\varphi}}{2\sqrt{-\gamma}}\varphi^{\star}_{[\mu\nu]\rho} + \frac{\sqrt{\varphi}}{4\sqrt{-\gamma}}\varphi_{\mu\nu}\varphi^{\sigma\tau}\varphi_{\sigma\tau\rho} - \varphi_{\mu\nu}\,\partial_{\rho}\operatorname{Log}\frac{g}{\gamma}$$
$$+ \frac{\sqrt{\varphi}}{2}\varepsilon_{\mu\nu\rho\sigma}\varphi^{\lambda\sigma}\partial_{\lambda}\operatorname{Log}\frac{g}{\gamma} - \frac{\varphi}{2\sqrt{-\gamma}}\varepsilon_{\mu\nu\rho\lambda}\varphi^{\sigma\lambda}\partial_{\sigma}\operatorname{Log}\frac{g}{\varphi} + \frac{\sqrt{\varphi}}{2\sqrt{-\gamma}}\varphi^{\star}_{\mu\nu}\,\partial_{\rho}\operatorname{Log}\frac{g}{\varphi}$$
$$+ \gamma^{\sigma\lambda}\left\{\sqrt{\varphi}\,\varepsilon_{\mu\nu\rho\sigma}(f_{\lambda} - f_{\overline{\overline{\lambda}}}) + \varphi_{\lambda\rho}\left[\varphi_{\mu\nu}(f_{\sigma} - f_{\overline{\overline{\sigma}}}) + \varphi_{\sigma\mu}(f_{\nu} - f_{\overline{\overline{\nu}}}) + {}_{\nu\sigma}\varphi(f_{\mu} - f_{\overline{\overline{\mu}}})\right]\right\},$$

$$(5) \qquad a = 2 - \frac{g}{\gamma} + \frac{6\varphi}{\gamma}, \qquad b = \frac{2\sqrt{\varphi}}{\sqrt{-\gamma}}\left(3 - \frac{g}{\gamma} + \frac{\varphi}{\gamma}\right).$$

Les conditions d'existence de la solution (4) sont évidentes et s'écrivent

$$(6) \qquad g(a^2+b^2) \neq 0.$$

2. *Cas d'une solution à symétrie sphérique.* — On adopte les $g_{\mu\nu}$ suivants :

$$(7) \quad g_{\mu\nu} = \begin{vmatrix} -\alpha & 0 & 0 & \varpi \\ 0 & -\beta & f\sin\theta & 0 \\ 0 & -f\sin\theta & -\beta\sin^2\theta & 0 \\ -\varpi & 0 & 0 & \sigma \end{vmatrix}, \qquad \text{d'où} \quad \begin{cases} \gamma = -\alpha\sigma\beta^2\sin^2\theta, \\ \varphi = \varpi^2 f^2 \sin^2\theta, \\ g = -(\alpha\sigma - \varpi^2)(\beta^2 + f^2)\sin^2\theta. \end{cases}$$

Reprenons les formules générales (2)-(5). L'examen de (4) nous conduit dans le cas particulier (7) aux valeurs suivantes des $R_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho}$:

$$(8) \quad \begin{cases} R_{\underset{\vee}{23},1} = -(f/2)(1 + \varpi^2/\alpha\sigma)\sin\theta\,\partial_1\operatorname{Log}(\alpha\sigma - \varpi^2)(f^2+\beta^2)/(\alpha\sigma + \varpi^2)f, \\ R_{\underset{\vee}{14},1} = (\varpi/2)[\partial_1\operatorname{Log}\varpi^2/\alpha\sigma + (f^2/\beta^2)\,\partial_1\operatorname{Log}f^2 - 2\,\partial_1\operatorname{Log}(\alpha\sigma - \varpi^2)(f^2+\beta^2)/\alpha\sigma\beta^2], \\ R_{\underset{\vee}{31},2} = R_{\underset{\vee}{12},3} = (f/2)\sin\theta[\partial_1\operatorname{Log}\beta(f^2+\beta^2)/f + (\varpi^2/\alpha\sigma)\,\partial_1\operatorname{Log}(f^2+\beta^2)], \\ R_{\underset{\vee}{24},2} = R_{\underset{\vee}{31},3}/\sin^2\theta = (\varpi f^2/2\alpha\beta)[(1 + \beta^2/f^2)\,\partial_1\operatorname{Log}\beta - \partial_1\operatorname{Log}\beta(f^2+\beta^2)^2/f^3]. \end{cases}$$

Dans le cas statique, tous les autres $R_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho}$ sont nuls. Dans le cas non statique, on obtient la valeur de six autres $R_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} \neq 0$ en changeant 1 en 4, 4 en 1, ∂_1 en ∂_4, α en σ. D'autre part, on a ici :

$$(9) \qquad \begin{cases} R_{\underset{\vee}{23},\overline{\overline{1}}} = \varphi_{14}\gamma^{44}\varphi_{41}\varphi^{11}R_{\underset{\vee}{23},1} = (\varpi^2/\alpha\sigma)\,R_{23,1}, \\ R^{\star}_{\underset{\vee}{23},1} = \sqrt{-\gamma}\,\varepsilon_{2314}\gamma^{11}\gamma^{44}R_{\underset{\vee}{14},1} = -(\beta/\sqrt{\alpha\sigma})\sin\theta\,R_{14,1}, \qquad \ldots \end{cases}$$

$$(10) \qquad a^2 + b^2 = [(1 - f^2/\beta^2)^2 + 4\varpi^2 f^2/\alpha\sigma\beta^2][(1 + \varpi^2/\alpha\sigma)^2 + 4\varpi^2 f^2/\alpha\sigma\beta^2].$$

Portons (9) dans (3) puis dans (2). Nous obtenons alors

$$(11)\quad \begin{cases} \Gamma_{\underset{\vee}{23},1} = -(f/4)\sin\theta[\partial_1 \operatorname{Log}\beta^2(1+f^2/\beta^2) - (\beta^2/f^2)\,\partial_1 \operatorname{Log}(1+f^2/\beta^2)], \\ \Gamma_{\underset{\vee}{14},1} = -(\alpha\sigma/2w)\,\partial_1 \operatorname{Log}(1-w^2/\alpha\sigma),\ \Gamma_{\underset{\vee}{31},2} = \Gamma_{\underset{\vee}{12},3} = -(\beta^2/4f)\sin\theta\,\partial_1 \operatorname{Log}(1+f^2/\beta^2), \\ \Gamma_{\underset{\vee}{24},2} = \Gamma_{\underset{\vee}{34},3}/\sin^2\theta = (w\beta/4\alpha)\,\partial_1 \operatorname{Log}\beta^2(1+f^2/\beta^2). \end{cases}$$

Dans le cas non statique, on a de même les six autres $\Gamma_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} \neq 0$ en changeant 1 en 4, 4 en 1, ∂_1 en ∂_4, α en σ, dans les expressions précédentes.

Enfin la condition générale d'existence (6) particularisée au cas (10) donne

$$(12)\quad g(a^2+b^2) = (1+f^2/\beta^2)(1-w^2/\alpha\sigma) \times[(1-f^2/\beta^2)^2 + 4w^2f^2/\alpha\sigma\beta^2][(1+w^2/\alpha\sigma)^2 + 4w^2f^2/\alpha\sigma\beta^2] \neq 0.$$

On peut donner à la solution (14) une forme un peu différente en posant

$$(13)\quad \begin{cases} A_1 = (1/2)\,\partial_1 \operatorname{Log}\beta^2(1+f^2/\beta^2) \\ \quad = (ff' + \beta\beta')/(f^2+\beta^2) \\ B_1 = (-\beta/2f)\,\partial_1 \operatorname{Log}(1+f^2/\beta^2) \\ \quad = (f\beta' - \beta f')/(f^2+\beta^2) \end{cases} \qquad \begin{vmatrix} A_4 = (1/2)\,\partial_4 \operatorname{Log}\beta^2(1+f^2/\beta^2) \\ \quad = (f\dot{f} + \beta\dot{\beta})/(f^2+\beta^2) \\ B_4 = (-\beta/2f)\,\partial_4 \operatorname{Log}(1+f^2/\beta^2) \\ \quad = (f\dot{\beta} - \beta\dot{f})/(f^2+\beta^2). \end{vmatrix}$$

On obtient alors en élevant le dernier indice dans les expressions (11)

$$(14)\quad \begin{cases} \Gamma^1_{\underset{\vee}{23}} = (\beta B_1 + fA_1)\sin\theta/2\alpha, \\ \Gamma^1_{\underset{\vee}{14}} = (\sigma/2w)\,\partial_1 \operatorname{Log}(w^2/\alpha\sigma - 1) \\ \Gamma^2_{\underset{\vee}{31}} = \Gamma^3_{\underset{\vee}{12}}\sin^2\theta = -(B_1/2)\sin\theta, \\ \Gamma^2_{\underset{\vee}{24}} = \Gamma^3_{\underset{\vee}{34}} = -(w/2\alpha)A_1 \end{cases} \qquad \begin{vmatrix} \Gamma^4_{\underset{\vee}{23}} = -(\beta B_4 + fA_4)\sin\theta/2, \\ \Gamma^4_{\underset{\vee}{14}} = -(\alpha/2w)\,\partial_4 \operatorname{Log}(1 - w^2/\alpha\sigma) \\ \Gamma^2_{\underset{\vee}{34}} = -\Gamma^3_{\underset{\vee}{24}}\sin^2\theta = -(B_4/2)\sin\theta, \\ \Gamma^2_{\underset{\vee}{12}} = \Gamma^3_{\underset{\vee}{31}} = (w/2\sigma)A_1 \end{vmatrix}$$

Calculons maintenant la partie symétrique de la connexion au moyen de (1).

$$(15)\quad \begin{cases} \Gamma^1_{11} = \alpha'/2\alpha, \quad \Gamma^1_{44} = (\sigma/2\alpha)\,\partial_1 \operatorname{Log}\sigma(1-w^2/\alpha\sigma)^2 \\ \Gamma^1_{22} = \Gamma^1_{33}\,|\sin^2\theta = (fB_1 - \beta A_1)\,|\,2\alpha \\ \Gamma^2_{\underline{12}} = \Gamma^3_{\underline{31}} = (A_1/2), \quad \Gamma^4_{\underline{14}} = (1/2)\partial_1 \operatorname{Log}\sigma(1-w^2/\alpha\sigma) \\ \Gamma^2_{\underline{34}} = -\sin^2\theta\,\Gamma^3_{24} = (wB_1/2\alpha)\sin\theta \end{cases} \qquad \begin{vmatrix} \Gamma^4_{44} = \dot{\sigma}/2\sigma, \quad \Gamma^4_{11} = (\alpha/2\sigma)\,\partial_4 \operatorname{Log}\alpha(1-w^2/\alpha\sigma)^2 \\ \Gamma^4_{22} = \Gamma^4_{33}\,|\sin^2\theta = (\beta A_4 - fB_4)\,|\,2\sigma \\ \Gamma^2_{\underline{24}} = \Gamma^3_{\underline{34}} = (A_4/2), \quad \Gamma^1_{\underline{14}} = (1/2)\,\partial_4 \operatorname{Log}\alpha(1-w^2/\alpha\sigma) \\ \Gamma^2_{\underline{31}} = -\sin^2\theta\,\Gamma^3_{\underline{12}} = (w/2\sigma)B_4\sin\theta \end{vmatrix}$$

$$\Gamma^2_{33} = -\sin\theta\cos\theta, \qquad \Gamma^3_{\underline{23}} = \Gamma^3_{\underline{32}} = 1/tg\,\theta$$

Dans le cas d'une solution statique, la connexion affine se réduit aux valeurs de gauche. Or ces valeurs (14) et (15) (colonne gauche seulement) coïncident avec celles calculées par Bonnor [3] en partant directement des équations de base, qui dans ce cas particulier se simplifient notablement. Ce calcul constitue donc un test de la validité de la solution générale. Les valeurs de la droite forment une extension naturelle à un cas non statique plus général. Enfin, la condition d'existence (12) coïncide avec la condition établie par Bonnor. Ici, elle représente un cas très particulier de la condition générale d'existence (6) et permet donc de vérifier la validité de celle-ci.

---

(3) *Proc. Roy. Soc.*, **210**, 1952, p. 427.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les relations linéaires entre constantes de Madelung*. Note (*) de M. **Félix Bertaut**, transmise par M. Charles Mauguin.

Noar [1] a récemment montré, par une méthode purement *géométrique* généralisant celle de Frank [2] qu'entre constantes de Madelung de certains réseaux cubiques simples on a des relations linéaires. Nous donnons ici une démonstration plus générale et *analytique*, basée sur un travail antérieur [3].

L'énergie électrostatique W d'un ensemble de charges de densité $\rho(\mathbf{r})$ fait intervenir la fonction de Patterson $P(\mathbf{u})$, produit de composition de la densité électrique $\rho(\mathbf{r})$ avec elle-même [1].

$$W = \frac{1}{2}\int \rho(\mathbf{r})\,\rho(\mathbf{r}+\mathbf{u})\,dv(\mathbf{r})\frac{dv(\mathbf{u})}{u} = \frac{1}{2}\int \frac{P(\mathbf{u})}{u}\,dv(\mathbf{u}). \tag{1}$$

On en déduit la conséquence suivante. Pour que l'on ait des relations linéaires entre les énergies $W_A, W_B, \ldots, W_K$ d'ensembles de charges A, B, ..., K il faut et il suffit qu'entre leurs fonctions de Patterson $P_A(u)$, $P_B(u), \ldots, P_K(u)$ il y ait des relations linéaires. Envisageons le cas de répartitions périodiques (2) et (3) (réseaux) et désignons par $V_A, V_B, \ldots, V_K$ les volumes des mailles.

$$\rho(\mathbf{r}) = V^{-1}\Sigma\ F(\mathbf{h})\ \exp(-2\pi i\mathbf{h}.\mathbf{r}), \tag{2}$$

$$\rho(\mathbf{u}) = V^{-1}\Sigma\,|F(\mathbf{h})|^2 \exp(\ \ 2\pi i\mathbf{h}.\mathbf{u}). \tag{3}$$

Une relation linéaire entre fonctions $P(\mathbf{u})$ peut s'écrire sous la forme (4) où A, B, ..., K sont des constantes ne dépendant pas des dimensions des mailles.

En y substituant le développement de Fourier de $P(u)$ (3) on obtient la condition (5) équivalente à (4). Multiplions (4) par l'élément de volume numérique $du\,dv\,dw$, notons $V\,du\,dv\,dw = d\tau$ l'élément de volume réel et intégrons au voisinage de l'origine. Le résultat est (6). Les relations (4) à (6) sont valables quelle que soit la symétrie du réseau [4].

$$AV_A P_A(u) + BV_B P_B(u) + \ldots + KV_K P_K(u) = 0, \tag{4}$$

$$A|F(\mathbf{h})|_A^2 + B|F(\mathbf{h})|_B^2 + \ldots + K|F(\mathbf{h})|_K^2 = 0, \tag{5}$$

$$A\Sigma q_A^2 + B\Sigma q_B^2 + \ldots + K\Sigma q_K^2 = 0, \tag{6}$$

$$AN_A + BN_B + \ldots + KN_K = 0. \tag{7}$$

(*) Séance du 12 juillet 1954.

(1) *Congrès de l'Association américaine de Cristallographie*, Ann Arbor, juin 1953.

(2) *Phil. Mag.*, 41, 1950, p. 1287.

(3) F. Bertaut, *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 499 et 633 (s'y reporter pour les notations).

(4) Les relations (4) à (6) sont encore valables pour toute force radiale et non seulement pour la force coulombienne.

Dans le système cubique les grandeurs $N = aW$ où a est le paramètre de la maille ne dépendent pas des dimensions de celle-ci. On peut alors montrer que la relation linéaire entre énergies des mailles a la forme (7). A titre d'exemple nous dressons le tableau suivant pour les réseaux de NaCl, CsCl, ZnS et CaF_2 (5).

Substance.	$\|F\|^2$ avec $h+k+l$.			Σq^2.	aW.	M.
	$2(2n+1)$.	$4n$.	$2n+1$.			
CaF_2..........	16^2	0	8^2	24	$\left(\frac{16}{\sqrt{3}}\right)M$	5,03878
NaCl..........	0	0	8^2	8	8M	1,74756
ZnS..........	16^2	0	2.8^2	32	$\left(\frac{64}{\sqrt{3}}\right)M$	1,63806
CsCl..........	16^2	0	0	16	$\left(\frac{32}{\sqrt{3}}\right)M$	1,76267

On en déduit par simple inspection les relations (8) et grâce à (4)-(7) des relations analogues avec les mêmes coefficients entre les valeurs respectives de $VP(u)$, Σq^2 et aW.

$$(8)\quad \begin{cases} 2\,|F|^2(CaF_2) - |F|^2(ZnS) - |F|^2(CsCl) = 0, \\ |F|^2(CaF_2) - |F|^2(NaCl) - |F|^2(CsCl) = 0. \end{cases}$$

Les constantes de Madelung M de composés AB et AB_2 sont définies de telle sorte que Mq_B^2/r représente l'énergie électrostatique d'une molécule, r étant la plus petite distance entre ions. On peut alors exprimer aW en fonction de M (6ᵉ colonne du tableau) et déduire de (5), (7) et (8) les identités suivantes, faciles à vérifier grâce aux valeurs connues de M (7ᵉ colonne) et que nous appelons les relations de Noar.

$$M(CaF_2) - 2M(ZnS) - M(CsCl) = 0,$$
$$M(CaF_2) - \frac{\sqrt{3}}{2}M(NaCl) - 2M(CsCl) = 0.$$

La réduction à un nombre de constantes de Madelung indépendantes pour les réseaux du système cubique où les positions de point sont sans paramètre (intersections d'éléments de symétrie) fera l'objet d'une prochaine publication. Elle se ramène en dernière analyse à la recherche d'ensembles de vecteurs indépendants [grâce à (4)] ou de formes linéairement indépendantes en $\cos 2\pi \mathbf{h}.\mathbf{r}$ [grâce à (5)].

(5) On a pris pour la maille de CsCl le double de la maille conventionnelle (8 mol).

CHRONOMÉTRIE. — *Sur la forme géométrique des ressorts moteurs d'horlogerie*, Note (*) de M. **Paul George**, présentée par M. Pierre Chevenard.

1. L'observation des ressorts rompus en service montre que le point de rupture se situe au voisinage des premières spires centrales. Le calcul, point par point, de la fatigue du métal sur la fibre extérieure des lames fléchies, basé sur la variation de courbure entre les formes extrêmes prises par le ressort (état libre et armage à fond), montre qu'il existe une zone de fatigue maximum très accusée qui se trouve dans la région de rupture.

2. Il m'a paru intéressant de rechercher la forme géométrique idéale d'un ressort, telle que la fatigue maximum du métal soit égale à une même valeur F en tout point de la fibre extérieure. La forme du ressort armé à fond peut être assimilée à une développante de cercle d'équation intrinsèque :

$$\rho^2 = \frac{e}{\pi} s \tag{1}$$

où ρ est le rayon de courbure de la développante, s la longueur de l'arc, e l'épaisseur du ressort. Le problème revient à chercher une courbe C, de rayon de courbure ρ_0, telle que en tous points :

$$\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} = \frac{2F}{eE} \tag{2}$$

où E est le module d'Young du métal, F la fatigue de la fibre extérieure. Les équations paramétriques (3) de la courbe C sont déterminées à partir de son équation intrinsèque $\rho_0 = f(s)$

$$\mathscr{X} = \int_0^s \cos[g(s) + \alpha_0]\, ds, \qquad \mathscr{Y} = \int_0^s \sin[g(s) + \alpha_0]\, ds. \tag{3}$$

En posant $X_0 = \int_0^s \cos g(s)\, ds$ et $Y_0 = \int_0^s \sin g(s)\, ds$, les équations (3) se développent :

$$\mathscr{X} = X_0 \cos\alpha_0 - Y_0 \sin\alpha_0 + \mathscr{X}_0 \qquad \text{et} \qquad \mathscr{Y} = X_0 \sin\alpha_0 + Y_0 \cos\alpha_0 + \mathscr{Y}_0. \tag{4}$$

Toutes les solutions se déduisent l'une de l'autre par un déplacement arbitraire. Pour $d_0 = \mathscr{X}_0 = \mathscr{Y}_0 = 0$, la solution est (X_0, Y_0). En posant $E/F = k^2$ et moyennant le changement de variable $(2\rho/ek) - k = \theta$, X_0 et Y_0 s'expriment à l'aide de fonctions connues pour lesquelles il existe des tables numériques

(*) Séance du 12 juillet 1954.

facilitant le tracé des courbes $x = \cos(\pi/2)\theta^2$, $y = \sin(\pi/2)\theta^2$ et leurs primitives

$$X = \int_0^\theta \cos\frac{\pi}{2}\theta^2\,d\theta, \qquad Y = \int_0^\theta \sin\frac{\pi}{2}\theta^2\,d\theta,$$

qui sont les intégrales de Fresnel. Les coordonnées paramétriques de C deviennent :

$$(5)\quad X_0 = \frac{e}{2}K^2\left[\cos\frac{\pi}{2}K^2 A - \sin\frac{\pi}{2}K^2 B\right], \qquad Y_0 = \frac{e}{2}K^2\left[\cos\frac{\pi}{2}K^2 B + \sin\frac{\pi}{2}K^2 A - 1\right]$$

en posant

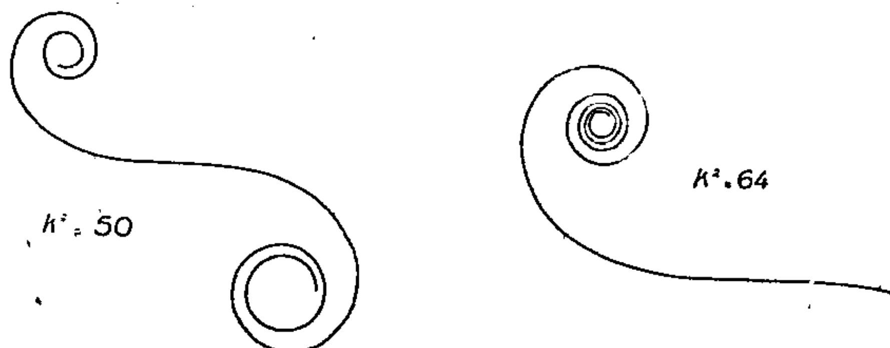
$$A = y + \pi K X \qquad \text{et} \qquad B = x - \pi K Y.$$

Pour des valeurs convenables de K, telles que $\sin(\pi/2)K^2 = 0$ et $\cos(\pi/2)K^2 = 1$ et moyennant une translation des axes, les coordonnées s'expriment par

$$(6)\qquad X_0 = \frac{e}{2}K^2(y + \pi K X), \qquad Y_0 = \frac{e}{2}K^2(x - \pi K Y).$$

Lorsque x et y peuvent être négligés devant πKX et πKY, les coordonnées se réduisent à celles d'une spirale de Cornu.

3. Les courbes C définies par (6) et représentées sur la figure pour $e = 0{,}1$ mm et $K = 64$ et 50, peuvent être réalisées industriellement avec une bonne précision par un recuit de fixage. Pour ce traitement, les lames sont logées dans



des gabarits qui reproduisent la forme de la courbe C lorsque le fixage est complet. En fait, un fixage incomplet est préférable pour améliorer d'autres propriétés intéressantes (module et résistance à la fatigue). Dans ce cas, la courbe du gabarit est corrigée par un coefficient K′ pour donner finalement au ressort la forme théorique exacte.

4. Le résultat pratique obtenu par cette forme géométrique des ressorts permet d'améliorer leur rendement par suite d'un développement plus régulier des spires, les contraintes étant également réparties à la surface des lames. La longévité des ressorts se trouve aussi renforcée en évitant les déformations locales et amorces de rupture consécutives à l'opération brutale d'estrapadage qui se trouve supprimée.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur l'anomalie de la chaleur spécifique de l'oxyde de cobalt* CoO *et des solutions solides* CoO—NiO *et* CoO—CuO. Note (*) de Mme **Geneviève Assayag** et M. **Henri Bizette**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Nous avons déterminé, entre 180 et 400°K, la chaleur spécifique de CoO et des solutions solides que CoO forme avec NiO d'une part et CuO d'autre part. La méthode de mesures relatives utilisée, due à D. Andrews (1), consiste à mesurer les temps t_c, t_s, t_i, nécessaires pour que la température du récipient calorimétrique vide, rempli d'une substance de comparaison de chaleur spécifique connue C_s et rempli du produit étudié, s'élève du même nombre de degrés, quand on maintient entre le récipient et l'enceinte calorimétrique la même différence de température. En désignant par m_s et m_i les masses de substance utilisées et par M_s et M_i leurs masses moléculaires :

$$C_i = \frac{M_i}{m_i}\frac{m_s}{M_s}C_s\frac{t_i - t_c}{t_s - t_c}.$$

Nous avons pris comme substances de comparaison l'acide benzoïque et l'alumine dont les chaleurs spécifiques ont été déterminées avec précision (2). Le calorimètre utilisé, à transmission contrôlée de chaleur, dérive du modèle décrit par D. Stull (3).

1° La chaleur spécifique de CoO présente un maximum aigu à la température $T_\lambda = 289{,}7$°K déterminée à $\pm 0{,}7$° près (*fig.* 1).

On sait que CoO est une substance antiferromagnétique (4), sa susceptibilité magnétique passant par un maximum à 292,2°K (5) et son coefficient de dilatation présentant à cette température une anomalie (6). D'autre part, le module d'Young augmente notablement lors du passage de l'état antiferromagnétique à l'état paramagnétique, l'anomalie se produisant à 289,2°K d'après R. Street et B. Lewis (7), à 271°K d'après M. E. Fine (8).

2° Les oxydes CoO et NiO sont miscibles en toutes proportions (9). La chaleur spécifique des différentes solutions solides présente un maximum à une

(*) Séance du 5 juillet 1954.

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 1287.

(2) D. C. Ginnings et G. T. Furukawa, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 522.

(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 2726.

(4) H. Bizette, *Ann. Phys.*, (12), 1, 1946, p. 298.

(5) C. Henry la Blanchetais, *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 765.

(6) M. Foex, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 193.

(7) *Nature*, London, 168, 1951, p. 1036.

(8) *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 1143; *Rev. Mod. Phys.*, 25, 1953, p. 158.

(9) Passerini, *Gazz. Chim. Ital.*, 59, 1929, p. 144.

température T_λ qui varie linéairement en fonction de la composition moléculaire (*fig.* 1). Ce résultat est semblable à celui obtenu par G. E. Bacon,

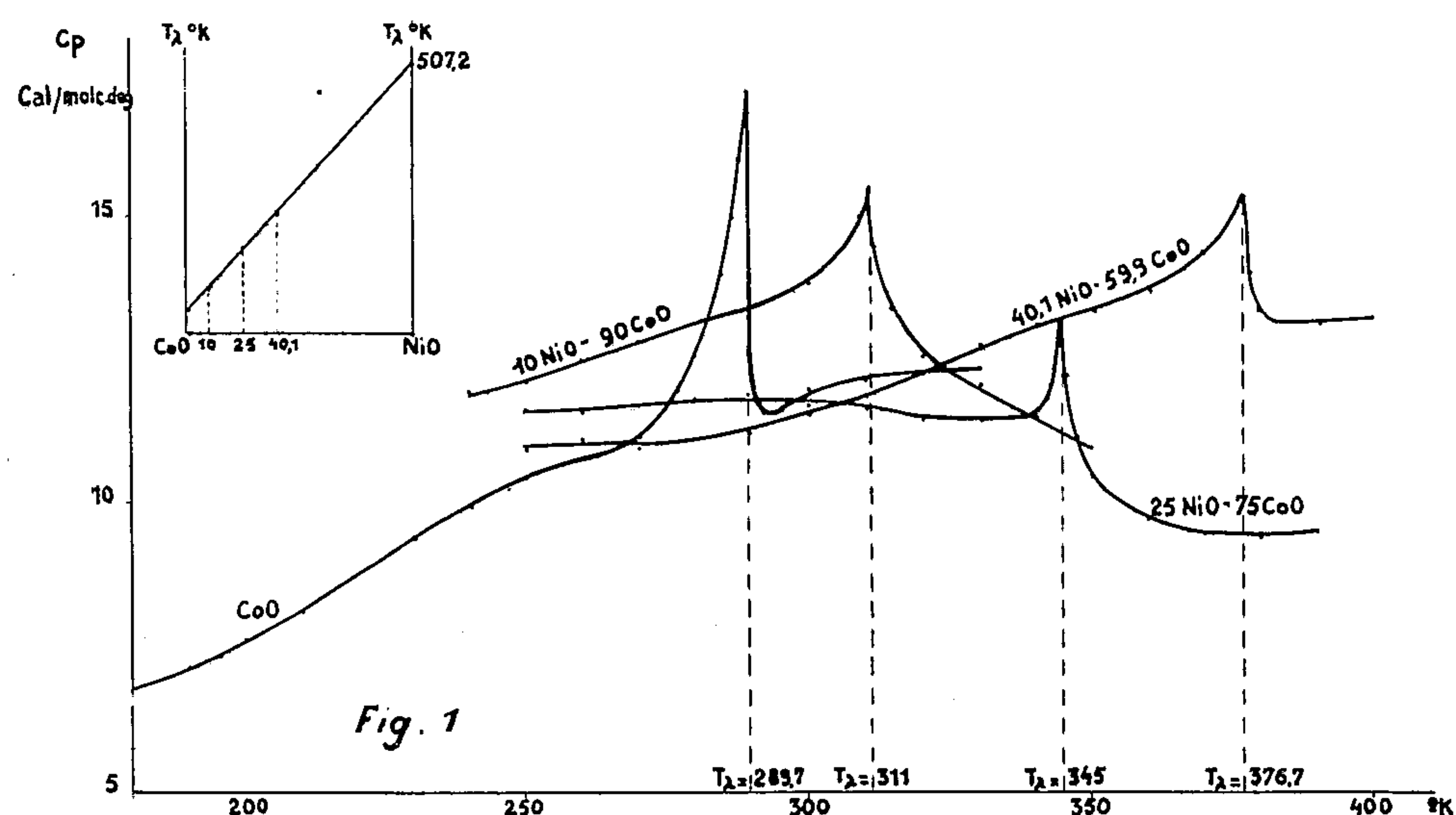


Fig. 1

R. Street et R. H. Tredgold ([10]) sur les solutions solides CoO — MnO. Extrapolé il conduit pour la température d'anomalie de la chaleur spécifique de NiO à la valeur trouvée pour la température d'anomalie du module d'Young ([7])

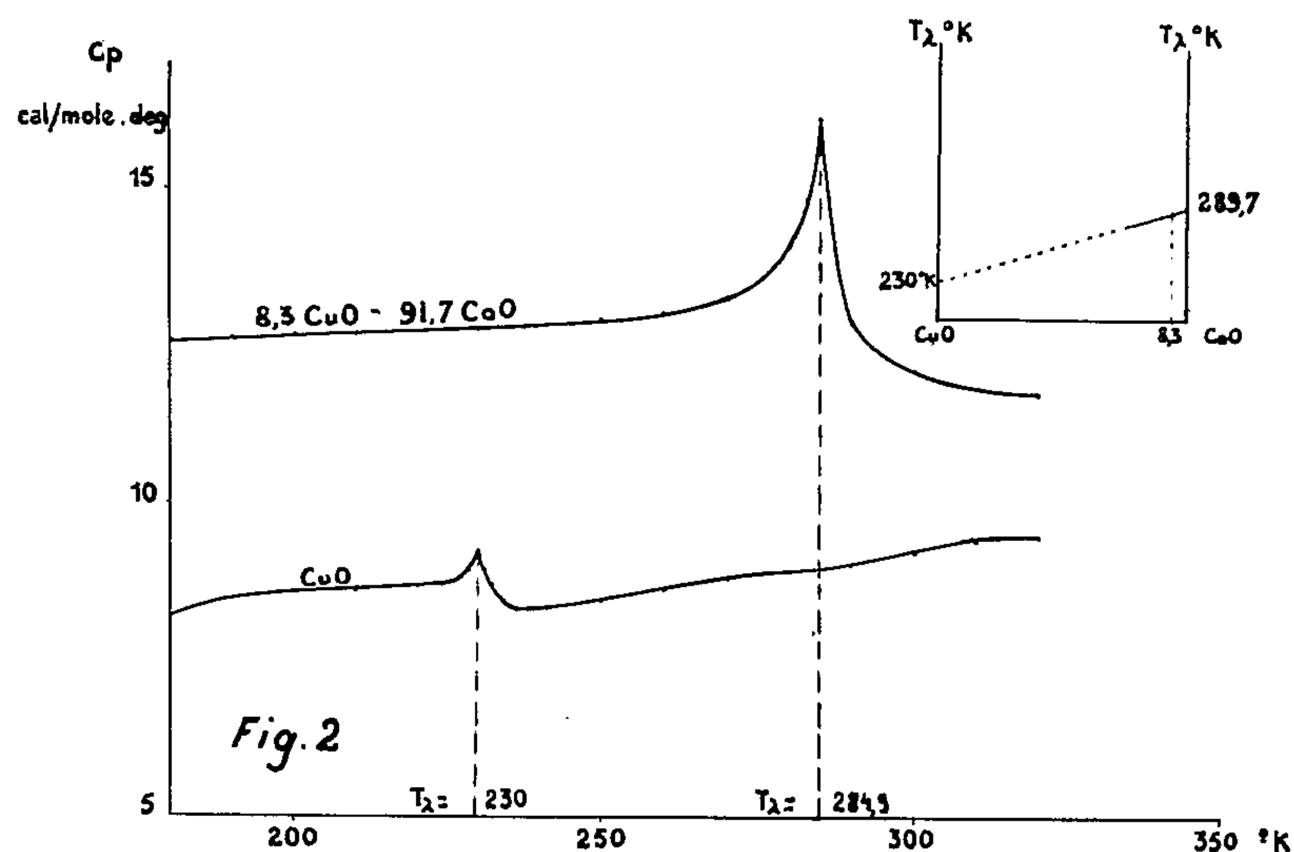


Fig. 2

$T_\lambda = 507°$ K, alors que Y. Shimomura et I. Tsubokawa ([11]) indiquent que la chaleur spécifique de NiO passe par un maximum à 520° K.

([10]) *Proc. Roy. Soc. A.*, 217, 1953, p. 252.
([11]) *J. Phys. Soc. Japon*, 9, 1954, p. 19.

3° En accord avec les résultats de l'analyse du spectre de diffraction des neutrons ([12]), la courbe $C_p = f(T)$ obtenue pour CuO (*fig.* 2) présente une anomalie à 230° K, alors que J. H. Hu et H. Johnston ([13]) indiquent pour T_λ la valeur 220° K.

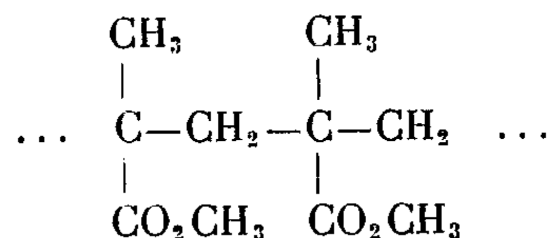
D'après F. Bertaut et C. Delorme ([14]) CuO ne dissout que très peu de CoO et CoO ne dissout dans son réseau à 950° C que 25 % de CuO.

Dans le cas de la solution solide 91,7 CoO — 8,3 CuO $T_\lambda = 284{,}9°$ K. Le point correspondant, sur le diagramme qui représente la température d'anomalie en fonction de la composition de la solution solide, se place rigoureusement sur la droite qui joint les températures relatives aux corps purs, bien qu'à la température ordinaire CuO soit monoclinique et CoO cubique à faces centrées. Ce résultat est à rapprocher de celui obtenu sur les solutions solides ONi—OCu ([11]).

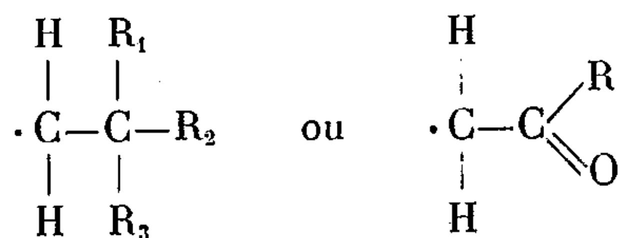
MAGNÉTISME. — *Sur la multiplicité des raies de résonance paramagnétique dans certaines substances organiques irradiées.* Note (*) de M. **Jean Uebersfeld**, présentée par M. Francis Perrin.

Les raies de résonance paramagnétique détectées dans certains aminoacides et hauts polymères solides irradiés aux rayons γ ([1]) présentent une multiplicité à trois pics : le pic central correspond à un facteur de Landé *g* de 2,00; les pics latéraux sont à 20 gauss environ du pic central. L'intensité de ce dernier est deux fois celle des pics latéraux.

L'identité des courbes de résonance d'un grand nombre d'aminoacides de formule $NH_2—(CH_2)_n—CO_2H$ et celle du polymétacrylate de méthyle de formule



conduit à penser que sous l'action du rayonnement γ un radical libre du type



([12]) B. N. Brockhouse, *Phys. Rev.*, 94, 1954, p. 781.
([13]) *J. Amer. Chem., Soc.*, 75, 1953, p. 2471.
([14]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1829.

(*) Séance du 12 juillet 1954.
([1]) J. Combrisson et J. Uebersfeld, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1397.

est créé puis « gelé » dans ces substances. R, R_1, R_2, R_3 sont des groupements monovalents.

On sait que pour interpréter les structures hyperfines des radicaux libres, il faut admettre que l'électron célibataire interagit avec plusieurs noyaux ([2]), ([3]).

Les fréquences de résonance ν sont données par la formule

$$h\nu = g\beta H_0 + \Sigma K_X \mu_X, \quad (1)$$

H_0 champ magnétique continu, h constante de Planck, β magnéton de Bohr, g facteur de Landé, μ_X nombre quantique magnétique du noyau X avec lequel interagit l'électron. K_X évalue l'interaction de l'électron avec le noyau X. La somme Σ doit être étendue à tous les noyaux avec lesquels l'électron est susceptible d'interagir, dans le cas actuel deux noyaux d'hydrogène et deux noyaux de carbone.

Le spin nucléaire du carbone est nul et nous avons à considérer la seule contribution des noyaux d'hydrogène (spin 1/2) qui jouent chacun le même rôle.

La formule (1) s'écrit alors

$$h\nu = g\beta H_0 + K_H(\mu_{1H} + \mu_{2H}).$$

μ_{1H} et μ_{2H} peuvent prendre chacun les deux valeurs $+1/2$ et $-1/2$. La somme $\mu_{1H} + \mu_{2H}$ peut prendre les trois valeurs 1,0 et -1; la valeur zéro apparaît deux fois alors que les valeurs 1 et -1 apparaissent chacune une fois.

On prévoit bien ainsi l'existence d'une multiplicité à trois pics, le pic central étant deux fois plus intense que les pics latéraux.

Les résultats expérimentaux donnent pour K_H la valeur 0,002 cm^{-1}. Ajoutons enfin que l'acide antranilique (irradié) de formule $NH_2 - C_6H_5 - CO_2H$ ne donne lieu à aucun phénomène de résonance, tandis qu'un glycocolle (irradié) marqué à l'azote 15 (à 33 %) donne exactement la même courbe que le glycocolle ordinaire irradié. Ces deux remarques infirment l'hypothèse de la création d'un radical libre à l'azote dans les amino-acides irradiés et confirment la théorie précédente.

MAGNÉTISME. — *Sur les propriétés magnétiques des solutions aqueuses de perchlorate cuivrique.* Note (*) de Mlle **Paulette Berthier**, MM. **Clément Courty** et **Jean Gauthier**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Dans trois Notes précédentes ([1]), nous avons déjà étudié dans le même esprit les solutions aqueuses de sulfate, chlorure et nitrate cuivrique. Les pré-

([2]) Kikuchi et Cohen, *Phys. Rev.*, 93, 1954, p. 394.
([3]) Uebersfeld, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 589.

(*) Séance du 5 juillet 1954.
([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 473; 234, 1952, p. 604 et 2525.

N°.	Sel %.	$t°$ C.	Masse spécifique.	Molalité.	$10^6\chi$. Solution.	Sel.	Sel à 20° C.	Solution à 20° C.
1........	57,967	20	1,701399	5,234	+3,0376	5,76	5,76	+3,0376
2........	57,275	25	1,689207	5,107	+3,1324	6,00	6,10	+3,1852
3........	56,795	19,5	1,690584	5,008	+3,0252	6,05	6,04	+3,0205
4........	56,520	19	1,679423	4,952	+2,9967	5,86	5,84	+2,9870
5........	55,653	22	1,657830	4,781	+2,9559	5,89	5,93	+2,9800
6........	55,196	20	1,649020	4,6936	+2,9674	5,96	5,96	+2,9674
7........	54,179	20	1,635383	4,5045	+2,8534	5,88	5,88	+2,8534
8........	53,627	20	1,628021	4,4057	+2,80178	5,85	5,85	+2,8018
9........	53,203	18,5	1,623235	4,3311	+2,9057	6,10	6,07	+2,9077
10........	51,842	22	1,589984	4,0963	+2,6188	5,72	5,76	+2,6384
11........	51,528	21	1,587548	4,0499	+2,6218	5,77	5,79	+2,6336
12........	50,572	21	1,574612	3,9980	+2,7481	6,14	6,16	+2,7584
13........	49,247	20	1,556736	3,6966	+2,5243	5,87	5,87	+2,5243
14........	48,217	21	1,529448	3,5491	+2,4237	5,80	5,82	+2,4324
15........	47,431	22	1,520434	3,4151	+2,3932	5,84	5,88	+2,4094
16........	47,006	21	1,511243	3,3792	+2,3331	5,78	5,80	+2,3438
17........	45,016	25	1,477739	3,1191	+2,2093	5,79	5,89	+2,2543
18........	43,285	22	1,454445	2,9075	+2,0347	5,65	5,69	+2,0534
19........	42,927	22	1,448260	2,8655	+2,0887	5,82	5,86	+2,1034
20........	41,690	25,5	1,431484	2,7238	+2,0454	5,92	6,03	+2,0927
21........	39,851	21	1,392950	2,5240	+1,8415	5,71	5,73	+1,8493
22........	38,881	25	1,392091	2,4235	+1,8586	5,91	6,01	+1,8953
23........	36,177	24	1,351181	2,1595	+1,6499	5,83	5,91	+1,6772
24........	34,135	24	1,329040	1,974	+1,5156	5,83	5,91	+1,5417
25........	33,460	23	1,319993	1,9158	+1,4380	5,73	5,79	+1,4568
26........	30,597	23	1,288244	1,679	+1,2828	5,83	5,89	+1,3010
27........	30,417	26	1,281700	1,665	+1,2511	5,80	5,92	+1,2881
28........	28,150	24	1,260508	1,493	+1,1294	5,85	5,93	+1,1504
29........	27,160	20	1,254005	1,421	+1,0808	5,91	5,91	+1,0808
30........	24,455	21	1,220273	1,233	+0,9036	5,92	5,94	+0,9073
31........	21,102	19,5	1,185594	1,019	+0,6927	5,98	5,97	+0,6904
32........	16,022	19	1,135451	0,7268	+0,3199	5,78	5,76	+0,2779
33........	12,641	25	1,102449	0,5573	+0,0875	5,68	5,78	+0,0997
34........	10,632	25	1,082768	0,4218	−0,0747	5,37	5,46	−0,0649
35........	7,805	19	1,059656	0,322	−0,1944	6,03	6,01	−0,2541
36........	6,094	23	1,046870	0,2473	−0,3468	5,44	5,49	−0,3435
37........	5,351	19	1,035321	0,183	−0,3860	5,55	5,53	−0,3872
38........	3,992	20	1,031743	0,1584	−0,4325	6,52	6,52	−0,4325
39........	2,2125	18	1,015985	0,086	−0,5615	6,51	6,46	−0,5627
40........	2,161	20	1,013822	0,0842	−0,5259	8,34	8,34	−0,5259
41........	0,790	20	1,003808	0,03	−0,6195	12,23	12,23	−0,6195
42........	0,756	16	1,005386	0,02903	−0,5940	16,12	15,90	−0,5957
43........	0,373	24	1,001197	0,01430	−0,5901	34,68	35,15	−0,5883
44........	0,236	20	1,000944	0,00899	−0,6599	25,48	25,48	−0,6599

sentes mesures qui ont trait au perchlorate parfaitement pur confirment les mêmes résultats, soit un accroissement considérable du paramagnétisme de l'ion cuivrique, aux très faibles concentrations inférieures à la molalité 0,16. Pour les concentrations supérieures et jusqu'à la saturation, à la température de $+20°C$, le coefficient d'aimantation du perchlorate dissous, déduit du graphique linéaire relatif aux coefficients d'aimantation des solutions à $+20°C$ en fonction de la concentration pour-cent en sel, est $10^6 \chi = +6{,}05$.

En prenant la valeur -32.10^{-6} pour l'ion ClO_4^- d'après Miss Trew ([2]), et -18.10^{-6} pour le diamagnétisme sous-jacent du cuivre déjà utilisé dans les précédentes mesures, le coefficient d'aimantation de l'ion Cu^{++} est alors $+1669{,}8$, correspondant à 2,007 magnétons de Bohr et à 9,96 magnétons de Weiss.

La courbe donnant les coefficients d'aimantation des solutions en fonction des molalités n'est manifestement pas une droite, mais une courbe tournant sa concavité vers l'axe des molalités. Bien que la précision soit illusoire aux très faibles concentrations, avec notre appareillage, et par contre très bonne depuis la saturation des solutions jusqu'à la molalité 0,322, la croissance du paramagnétisme aux très faibles concentrations ne fait aucun doute.

Le tableau ci-contre qui donne toutes nos valeurs expérimentales, mêmes les valeurs à rejeter, depuis la concentration de 57,97 à 0,23 % en sel dissous, présente dans les quatre dernières colonnes les coefficients d'aimantation des solutions puis du sel dissous à la température expérimentale d'abord, à $+20°C$ ensuite. Nous avons pris pour l'eau les valeurs de H. Auer ([3]), considérant que la précision de nos mesures nous y autorisait.

Les masses spécifiques des solutions ont été déterminées avec tout le soin qui justifie les six décimales.

MAGNÉTISME. — *Couplage des spins dans le cobalticyanure de cuivre : résonance et susceptibilité aux très basses températures.* Note de MM. **Nicolas Perakis Jules Wucher** et **Herbert M. Gijsman**, transmise par M. Gabriel Foëx.

Nous avons entrepris d'étudier le couplage des spins dans les cobalticyanures de formule $M_6[Co(CN)_6]_4$ où M est un ion paramagnétique divalent du premier groupe de transition, le cobalt trivalent de l'anion étant diamagnétique : $\chi_{[Co(CN)_6]^{---}} = -87.10^{-6}$, déterminé à partir du cobalticyanure de potassium.

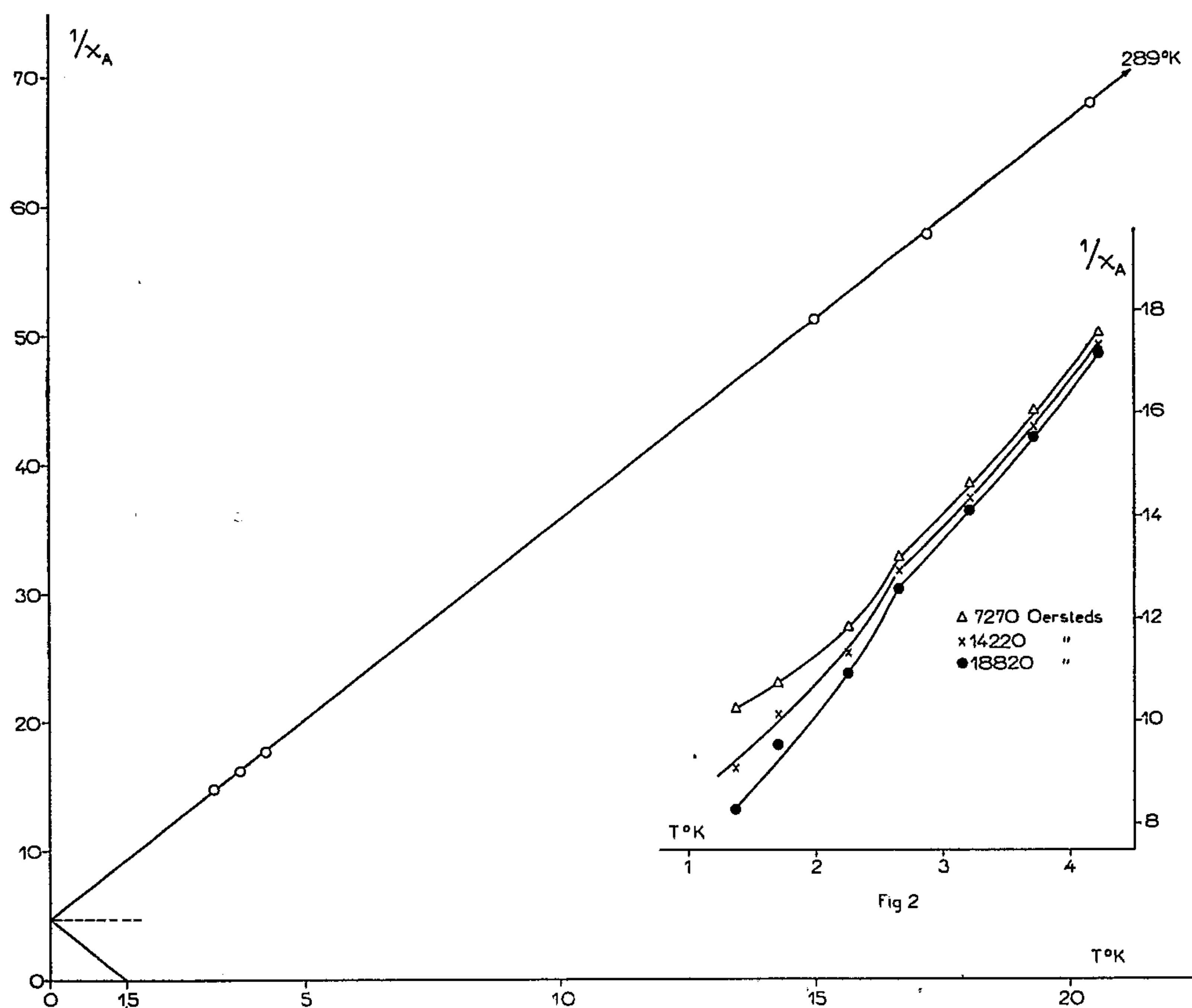
Dans une publication antérieure ([1]) nous avons étudié la structure et

(2) Cité par Selwood dans *Magnétochemistry*, 1943, p. 36, Interscience publ. New York.
(3) *Ann. Physik*, 18, 1933, p. 593.

(1) J. Wucher, T. Karantassis et N. Perakis, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1647.

le comportement magnétique aux basses températures des cobalticyanures de cuivre et de nickel. Nous les avons représentés par les formules $[Co(CN)_6]_4(Cu_I)_4(Cu_{II})_2$ et $[Co(CN)_6]_4$ $(Ni_I)_4(Ni_{II})_2$, conformes à leur structure, afin de distinguer les deux cations statistiquement répartis dans le cube à faces centrées formé par les quatre autres cations et les quatre ions cobaltiques. Cette étude cryomagnétique a été complétée depuis par des mesures de résonance et de susceptibilité aux très basses températures, effectuées à Leyde. La présente Note en contient les principaux résultats.

La figure et le tableau sont relatifs au cobalticyanure de cuivre, χ_A figurant la moyenne des coefficients d'aimantation atomiques mesurés dans des champs compris entre 10 600 et 18 800 Oe. Sa variation entre 20



et 3° K est exprimée par la relation de Weiss $\chi_A(T + 1{,}5) = 0{,}332$, qui ne diffère guère de la relation $\chi_A(T + 2) = 0{,}315$ trouvée entre 84 et 289° K pour le même échantillon de cobalticyanure, dont le comportement magnétique est pratiquement le même dans tout l'intervalle de température 289 — 3° K.

T° K.	$\chi_A \cdot 10^6$.	$\chi_A(T+1,5)$.	T° K.	$\chi_A \cdot 10^6$.	$\chi_A(T+1,5)$.
20,38	14 700	0,322	4,219	56 750	0,325
17,17	17 250	0,322	3,710	62 000	0,323
14,97	19 500	0,321	3,202	67 800	0,319

La résonance magnétique de ce complexe, mesurée à 290, 77, 20 et 12° K, est exprimée par la relation $g = 2,17$, valable pour tout l'intervalle de température exploré ($\lambda = 3,2$ cm, intensité d'absorption comparée à celle d'un radical libre, largeur de la bande : 60 Oe). Cette valeur de g indique une large contribution orbitale et correspond à la constante de Curie 0,460 ($\mu_B = 1,9$), qu'on trouve en moyenne pour l'ion Cu^{++}. Or, la constante 0,315 observée, entre 289 et 3° K, dans le cobalticyanure de cuivre est nettement déficitaire et représente environ les 4/6 de la constante 0,460. On l'expliquerait en l'attribuant aux seuls ions Cu_I, les deux ions Cu_{II} étant couplés antiparallèlement, ainsi que leur distance minimum 2,33 Å permet de le supposer.

Ce comportement magnétique du cobalticyanure de cuivre entre 289 et 3° K, défini par les constantes $\Delta = 2$, $C'_A = 0,315$ et $g = 2,17$, est identique à celui de $[Co(CN)_6]_4(Ni_I)_4(Ni_{II})_2$, à cette différence près que la contribution des ions Ni_{II} se fait déjà sentir à 84° K, la constante de Curie du complexe recouvrant presque les 6/6 de sa valeur à la température ordinaire. Toutefois, ni à cette température ni à 77° K ce sel ne montre de résonance décelable [2] (3,2 cm), d'après MM. H. J. Gerritsen, B. Bölger et R. Okkes qui ont effectué aussi les mesures de résonance sur le cobalticyanure de cuivre.

De 4,219 à 1,363° K la susceptibilité du cobalticyanure de cuivre, corrigée de l'effet de saturation, croît avec le champ, ainsi que l'indique la figure 2 où la relation $(1/\chi_A, T)$ est exprimée pour trois valeurs du champ. Cette dépendance, très sensible à partir de 3° K, est due à la faible interaction ($\Delta = 1,5$) entre les ions Cu_I.

L'étude des cobalticyanures de cobalt, fer et manganèse complétera ce travail.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Réponse d'un filtre passe-bas ou passe-bande à une tension dont la fréquence instantanée varie linéairement en fonction du temps.* Note (*) de M. **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Je considère une tension de la forme $E(t) = e^{i\alpha t^2}$ à l'entrée d'un filtre passe-bas simple à p cellules dont l'exposant de transfert sur image est

---

(2) Ce qui paraît indiquer une séparation des niveaux par effet Stark.

(*) Séance du 12 juillet 1954.

$\theta(\omega) = i.2p \arcsin(\omega/\omega_c)$ pour la pulsation ω, ω_c désignant la pulsation de coupure. La tension à l'entrée peut être représentée par l'intégrale de Fourier :

$$(1) \qquad E(t) = \frac{e^{i\frac{\pi}{4}}}{2\sqrt{\pi\alpha}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\frac{\omega^2}{4\alpha}+i\omega t}\, d\omega.$$

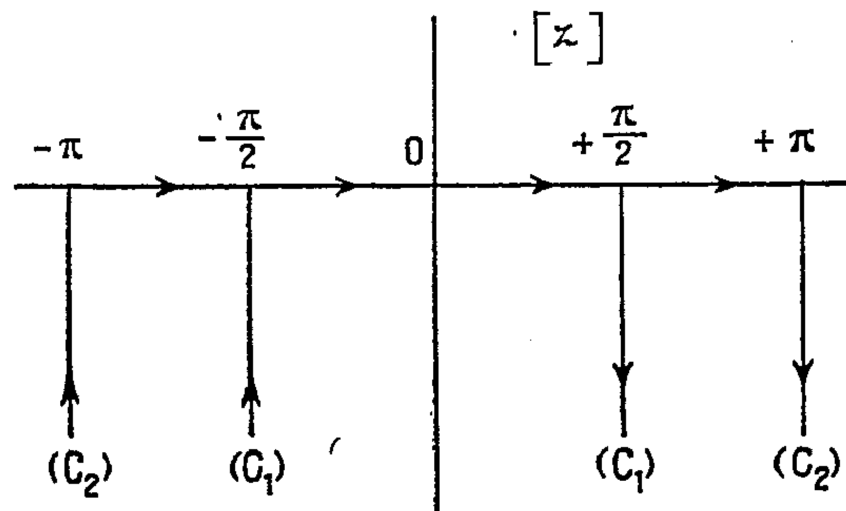
La réponse à la sortie est

$$(2) \qquad f(\omega_c t) = \frac{e^{i\frac{\pi}{4}}}{2\sqrt{\pi\alpha}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i\frac{\omega^2}{4\alpha}+i\omega t - i.2p\arcsin\frac{\omega}{\omega_c}}\, d\omega.$$

Pour calculer cette intégrale, je pose $\omega_c t = \tau$, $(\omega/\omega_c) = \sin z$; il vient

$$(3) \qquad f(\tau) = \frac{\omega_c\, e^{i\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\omega_c^2}{8\alpha}\right)}}{2\sqrt{\pi\alpha}} \int_{C_1} e^{i\frac{\omega_c^2}{8\alpha}\cos 2z}\, e^{i\tau\sin z - i2pz} \cos z\, dz$$

le long du contour C_1 de la figure.



Un développement connu de la fonction $e^{i(\omega_c^2/8\alpha)\cos 2z}$ permet d'écrire

$$(4) \qquad f(\tau) = \frac{\omega_c\, e^{i\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\omega_c^2}{8\alpha}\right)}}{2\sqrt{\pi\alpha}} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} i^n J_n\left(\frac{\omega_c^2}{8\alpha}\right) \int_{(C_1)} e^{i\tau\sin z - i2pz + i2nz} \cos z\, dz.$$

On passe facilement du contour (C_1) au contour (C_2), puis au contour $(-\pi, +\pi)$; d'où la relation

$$(5) \qquad f(\tau) = \frac{2\sqrt{\pi}\,\omega_c\, e^{-i\left(\frac{\omega_c^2}{8\alpha}-\frac{\pi}{4}\right)}}{\tau\sqrt{\alpha}} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} i^n (p-n) J_n\left(\frac{\omega_c^2}{8\alpha}\right) J_{2(p-n)}(\tau)$$

dont la convergence est rapide. On peut étendre ce résultat au cas d'un filtre passe-bande de frontières $\Omega - \omega_c$, $\Omega + \omega_c$, puis à un récepteur radioélectrique, ainsi que je le montre d'autre part [1]. On doit alors considérer une tension

$$(6) \qquad E(t) = e^{i\Omega t + i\alpha t^2}.$$

(5) représente sensiblement l'enveloppe de la réponse à (6).

(1) P. Poincelot, *Les régimes transitoires dans les réseaux électriques*, Gauthier-Villars, 1953, 1 vol., 132 pages.

Dans une application aux récepteurs panoramiques, je prends $\omega_c = 2\pi.10^3 s^{-1}$, la fréquence subissant une variation de 200 kHz en 10^{-2} s, on trouve $\omega_c^2/8\alpha = \pi/40$, tandis que les valeurs intéressantes de τ ne dépassent pas quelques unités. Dans ces conditions, l'usage de la relation (5) est très pratique.

Il est à noter que la relation (6) représente sensiblement la tension fournie par un auto-oscillateur dont un des paramètres du circuit oscillant varie en fonction du temps suivant une loi linéaire ([2]).

SPECTROSCOPIE. — *Étude d'une troisième série hydrogénoïde de raies d'absorption dans* Cu_2O. Note (*) de MM. **Serge Nikitine**, **Guy Perny** et **Manuel Sieskind**, présentée par M. Jean Cabannes.

Observation d'une troisième série hydrogénoïde de raies d'absorption de Cu_2O, ainsi que de deux paliers d'absorption. Ce nouveau spectre se trouve dans le rouge.

Nous avons observé avec Cu_2O deux séries de raies hydrogénoïdes, une « série verte » et une « série jaune » ([1]), ([2]). Nous avions également signalé l'existence probable d'une troisième série dans le rouge orangé. Nous nous proposons de donner plus de détails dans cette Note sur nos observations concernant cette série. Nos mesures se rapportent à la température de l'azote en ébullition.

a. Étude des paliers d'absorption dans le rouge. — Avec des lames épaisses (de l'ordre de 50 à 70 μ) on observe, en premier lieu, deux paliers d'absorption continue. Le premier commence assez brusquement au voisinage de 6 084 Å et s'étend jusqu'à la « série jaune ». Mais il est difficile de lui attribuer une longueur d'onde bien définie, car l'augmentation de l'absorption se produit dans un intervalle d'une vingtaine d'angströms.

On peut observer ensuite un deuxième palier d'absorption de plus grandes longueurs d'onde. Avec les lames étudiées ce palier paraît être moins brusque que le premier. Il est encore plus difficile de lui attribuer une longueur d'onde bien définie : $\lambda \simeq 6167$ Å.

([2]) B. van der Pol, *Proc. Inst. Rad. Eng.*, 7, 1930, p. 1194-1205; J. R. Carson, *Variable frequency electric theory with application to the theory of frequency modulation* et T. C. Fry, *Bell Syst. Techn. J.*, 16, 1937, p. 513-540.

(*) Séance du 12 juillet 1954.

([1]) *Voir* les travaux de E. F. Gross et coll. : *Doklady U. R. S. S.*, 75, 1952, p. 47; 90, 1953, p. 745; 92, 1953, p. 265 ainsi que Mosakuzu, Hayashi et Kiichiro Katsuti, *J. Phys. Soc. Jap.*, 1952, p. 599.

([2]) S. Nikitine, G. Perny et M. Sieskind, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 67 et 1987 ; *Bull. Soc. Fr. Phys.* (*J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 18 S; S. Nikitine, Mme L. Couture, M. Sieskind et G. Perny, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1786.

b. Étude de la première « série rouge ». — Entre ces deux paliers, on observe plusieurs raies dont la plupart peuvent êtres classées dans une série hydrogénoïde.

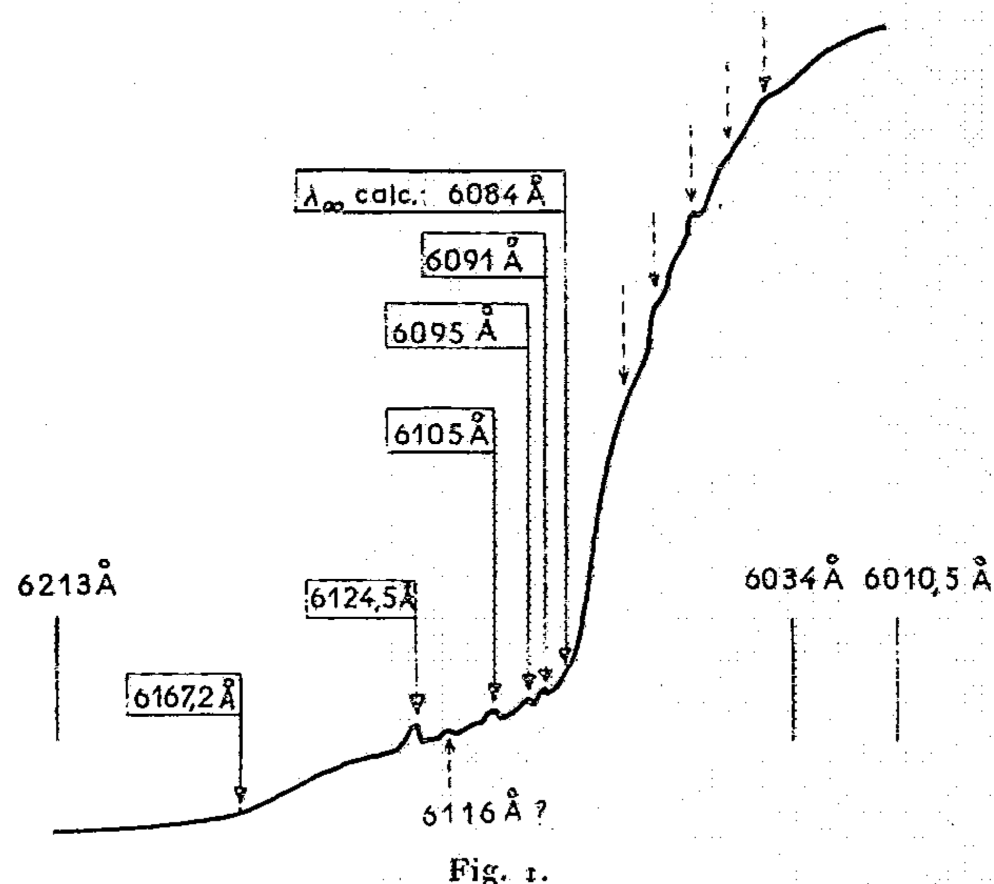


Fig. 1.

Ces raies sont faibles, mais on peut mesurer leur longueur d'onde d'une façon certaine. Les valeurs suivantes ont été obtenues avec un comparateur photoélectrique : $\lambda_2 = 6124,5$ Å, $\lambda_3 = 6150$ Å, $\lambda_4 = 6095$ Å, $\lambda_5 = 6091$ Å.

L'observation de la raie $n = 1$ est assez incertaine. Elle se place au voisinage immédiat d'une bande d'absorption attribuée à l'oxygène dissous dans l'azote liquide, quelquefois assez prononcée.

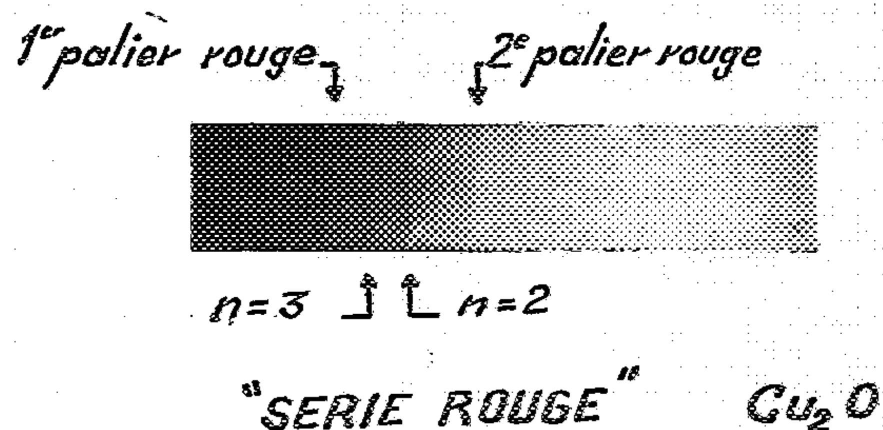


Fig. 2.

Le spectre ci-dessus montre les deux paliers d'absorption et la raie $n = 2$; on devine la raie $n = 3$. Sur la figure 1 on a reproduit la courbe d'enregistrement photométrique d'un négatif (déviation du galvanomètre en fonction du déplacement. Les raies de comparaison appartiennent au spectre du Cs). On y distingue nettement quatre raies ainsi que les deux paliers d'absorption. Sur le spectre et l'enregistrement on n'observe pas la luminescence (ou le trou d'absorption) qui borde les paliers du côté des grandes longueurs d'onde.

Cette luminescence est surtout visible avec des lames plus minces et aux très basses températures ([2]).

Entre les raies $n=2$ et $n=3$ on distingue une raie « secondaire » ($\lambda=6116$ Å) qui est plus faible que les précédentes et qui ne se place pas dans une série hydrogénoïde. On aperçoit également des accidents équidistants sur la partie montante de la courbe d'enregistrement qui correspond au premier palier rouge. Étant donné que nous avons observé dans le palier qui suit la « série jaune », des raies secondaires équidistantes analogues ([2]) il n'est pas impossible que ces accidents soient réels, et correspondent à des raies secondaires.

La « série rouge » peut être représentée (à 3 cm^{-1} près) par la formule hydrogénoïde suivante :

$$\nu_n(\mathrm{R}) = 16\,436 - \frac{475}{n^2}\,\mathrm{cm}^{-1} \qquad (n=2,\ 3,\ 4,\ 5,\ \ldots).$$

La première raie de cette série se placerait à 6 265 Å. On voit qu'elle empiète sur la bande d'absorption de l'oxygène. La valeur théorique de la limite de la série est $\lambda_\infty(\mathrm{R}) = 6\,084$ Å. La formule précédente est un peu différente de celle que nous avions suggérée à titre d'essai ([2]), ([3]).

SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — *Spectres d'absorption infrarouges de sels métalliques renfermant le groupement* XO_4, *dans la région de ses vibrations de déformation*. Note de MM. **Clément Duval** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les spectres d'absorption infrarouges de sels métalliques comprenant tous le groupement ou ion XO_4, avec X=Si, P, S, Cl, V, Cr, Mn, As, Se, Mo, I, W, Re, ont été mesurés, à l'état de poudre, entre 290 et 650 cm^{-1} environ. Les maxima d'absorption proviennent des vibrations de déformation, dont le dénombrement permet de suivre les variations dans la symétrie de XO_4.

Nous avons enregistré, à l'état de poudre, avec un spectrographe Perkin-Elmer 12 C, à prisme de bromure de césium, entre 290 et 650 cm^{-1} environ, les spectres d'absorption de sels métalliques renfermant tous le groupement XO_4, qui n'avaient, pour la plupart, pas été étudiés dans cette région. Celle-ci — le métal ne possédant pas de bandes caractéristiques avec les sels métalliques — correspond aux seules vibrations de déformation de XO_4, qui sont, dans le cas d'une symétrie tétraédrale régulière $\nu_2(e)$, doublement dégénérée (active dans l'effet Raman) et $\nu_4(f_2)$, triplement dégénérée (active dans l'effet Raman et dans l'absorption). Lorsque la symétrie de l'édifice moléculaire s'abaisse, elles se décomposent, on le sait, si bien qu'inversement le seul dénombrement des

([3]) E. F. Gross semble avoir observé la raie $n=2$, mais il a supposé que cette raie appartenait à la « série jaune ».

vibrations de déformation fournit des renseignements sur la symétrie du groupement SO_4.

Un but analogue s'obtient aussi par l'examen de la région, possédant des nombres d'ondes supérieurs à 700 cm^{-1}, dans laquelle se placent les vibrations de valence de XO_4; mais le spectre se trouve souvent compliqué par la présence d'harmoniques ou de combinaisons, qui rendent son interprétation parfois plus difficile. Les rayons X donnent bien des renseignements plus complets, mais demandent l'établissement, long et difficile, de structures cristallines, alors qu'avec notre domaine la conclusion résulte du seul examen des spectres. D'autre part, avec des sels métalliques du type XO_4, l'étude par absorption dans l'infrarouge se montre plus généralement applicable que celle des spectres de diffusion, par suite de la possibilité d'opérer facilement avec des poudres.

SiO_4. — La willemite, l'orangite et le zircon conduisent à trois maxima séparés, respectivement à 377 (F), 459 (F), 577 (F); 483 (F), 546 (F), 577 (F); 377 (F), 434 (F), 454 (F).

PO_4^{---}. — La région entre 530 et 620 cm^{-1} se compose d'une bande forte (orthophosphates de Li, Na et Ag), de deux bandes (une forte et une moyenne, orthophosphates de Mg, Ca, Mn, Ni, Co, Cu, Cd, Ba, La, Nd, Tl, Bi) et de trois bandes fortes (PO_4Hg_3). Les dédoublements observés indiquent une levée de la dégénérescence de la vibration $\nu_4(f_2)$, correspondant à une diminution de symétrie de PO_4, qui devrait entraîner l'activité de la vibration $\nu_2(e)$, ce qui n'a lieu que pour les orthophosphates de Na, Ca, Sr, Ba et Tl, les seuls donnant des bandes au-dessous de 470 cm^{-1}.

SO_4^{--}. — Les résultats laissent apparaître une variation de symétrie évidente de cet ion. La région vers 610 cm^{-1} [$\nu_4(f_2)$] se compose d'un maximum (Mg, K, Mn), de deux maximums (Ca, Cu, Be, Ba); mais on trouve aussi une ou deux bandes (Mg, Ca, Mn) dans une région pouvant correspondre à $\nu_2(e)$ (450-470 cm^{-1}).

ClO_4K et VO_4K donnent chacun une seule bande, respectivement vers 626 et 529 cm^{-1}, correspondant à $\nu_4(f_2)$.

CrO_4^{--}. — Les sels de Ba et de Pb possèdent trois bandes entre 377 et 422 cm^{-1}, qui correspondent vraisemblablement à $\nu_4(f_2)$, dont la dégénérescence se trouve levée, alors que le spectre Raman laisserait attendre $\nu_4(f_2)$ vers 508 et $\nu_2(e)$ vers 377 cm^{-1}.

AsO_4^{---}. — Ici encore, on ne trouve aucune correspondance entre les raies Raman, déterminées pour le sel de Na, et les bandes que nous observons : 456 (Mg), 399 (Ag), 375 et 477 (Cd), 385 et 464 (Pb) cm^{-1}.

SeO_4^{--}. — Dans le voisinage de la valeur 416 cm^{-1} indiquée par l'effet Raman pour le sel de sodium [$\nu_4(f_2)$], les séléniates de Co et Ba donnent une bande, et ceux d'Ag et de Pb deux bandes. $\nu_2(e)$, située par le spectre de diffusion vers 359 cm^{-1}, reste inactive dans l'infrarouge.

MoO_4^{--}. — L'existence d'un seul maximum, variant entre 354 et 431 cm^{-1} [$\nu_4(f_2)$] pour les molybdates étudiés (Ca, Sr, Ba, Pb), indique une symétrie élevée de l'ion.

WO_4^{--}. — Les sels étudiés se divisent en trois groupes : Na, Co, Cu (une bande forte vers 540-560 cm^{-1}), Ca, Sr (une bande forte vers 412 ou 440 cm^{-1}), Pb [deux bandes vers 381 (F) et 564 (m) cm^{-1}].

ReO_4K possède une seule bande forte à 364 cm^{-1}, d'accord avec l'effet Raman [$\nu_4(f_2)$].

Les résultats, obtenus avec les germanates, uranates, periodates, sont réservés. Nos spectres semblent indiquer que les chromates, arséniates, molybdates et tungstates paraissent avoir une structure plus complexe que ne l'indique le groupement XO_4.

Dans ce qui précède, nous nous sommes attachés à étudier surtout des sels anhydres. Nous avons, en effet, montré à diverses reprises, que l'eau de cristallisation exerçait une influence importante sur le spectre d'absorption infrarouge, *même en dehors des zones qui caractérisent la molécule* H_2O.

Nous essaierons, ultérieurement, de voir s'il est possible de relier entre elles les positions dans le spectre des vibrations de déformation du groupement XO_4 pour les divers X, suivant une méthode que nous avons esquissée antérieurement, et d'effectuer une comparaison avec les structures cristallines connues.

SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — *Mesures d'intensité et de largeur de raies dans les spectres infrarouges de gaz ou de vapeurs.* Note de Mme **Josette Vincent-Geisse**, présentée par M. Louis Hackspill.

Mesures d'intensités et de largeurs de raies dans le cas de quelques bandes de l'oxyde de carbone, de l'oxyde azotique, du méthane et du protoxyde d'azote.

Pour des bandes résolues en structure fine, les méthodes de mesure ont été déjà exposées ([1]), ([2]); celle de l'intensité α exige la détermination de l'absorption totale $z = a(1 - T)$ de chaque raie et l'extrapolation de z/pl à longueur l ou pression partielle p nulles (a est la largeur de fente dans le spectre et T la transmission minimum); celle de la demi-largeur Δ d'une raie à mi-hauteur, se fait par application de la formule ([3])

$$z^2 = \pi \Delta \alpha l. \tag{1}$$

Le procédé se généralise aux bandes de vibration non résolues sans aucun

([1]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2216.

([2]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 149.

([3]) Cette formule avait été indiquée dans la référence ([2]) mais Δ y était remplacé, par erreur, par $\Delta/2$.

changement en ce qui concerne la mesure de α. L'équation (1) reste toujours valable si la fente recouvre n raies d'intensités égales et de même largeur; α représente alors la somme des intensités et Δ la somme des demi-largeurs.

MESURES D'INTENSITÉS. — *Oxyde de carbone.* — L'intensité α_{01} de la bande fondamentale, calculée à partir de celle des raies, est de 239 cm^{-2} atm^{-1}, celle α_{02} de la bande première harmonique égale à 1,52 cm^{-2} atm^{-1}. $\alpha_{02}/\alpha_{01} = 0{,}0063$. Théoriquement, ce rapport doit être égal à la constante d'anharmonicité, dont la valeur est ici 0,0061 ce qui représente un bon accord, la différence entre les deux nombres restant bien inférieure à l'erreur possible. Pour α_{01}, Matheson trouve 394 cm^{-2} atm^{-1}; par une méthode plus précise, Penner et Weber indiquent 237 ± 12 cm^{-2} atm^{-1}. Pour α_{02}, ces derniers mesurent 1,69 cm^{-2} atm^{-1} à 5 % près; on observe ainsi un concordance assez correcte entre nos nombres et ceux de Penner et Weber.

Oxyde azotique. — L'intensité de la bande fondamentale, calculée à partir de celles de plusieurs raies, est de 75 cm^{-2} atm^{-1}. Nous n'avons mesuré ici que l'intensité des raies qui ne se superposent pas à celles de la vapeur d'eau atmosphérique, nombreuses en cette région.

Ces intensités ont été déterminées par Penner et Weber, directement sur la bande globale, après suppression de la structure fine, par augmentation de pression; l'accord entre leurs nombres et les nôtres se montre encore satisfaisant.

Méthane. — Nous avons calculé un ordre de grandeur de l'intensité de quelques bandes de combinaison; les mesures apparaissent peu précises à cause du chevauchement considérable de ces différentes bandes entre elles.

Bande.	ν (cm^{-1}).	α (cm^{-2} atm^{-1}).
$\nu_2 + 2\nu_4$	4123	0,16
$\nu_1 + \nu_4$	4216	4,4
$\nu_3 + \nu_4$	4313	3,7
$\nu_2 + \nu_3$	4546	1,26

Protoxyde d'azote. — Ici la fente spectrale ne recouvrait qu'une partie de la bande, et l'intensité totale a été obtenue à partir des intensités partielles, connaissant le nombres de raies recouvertes et la distribution d'intensité à l'intérieur de la bande.

Bande.	ν (cm^{-2}).	α (cm^{-1} atm^{-1}).
$\nu_3 + 2\nu_1$	4735	0,89
$2\nu_3$	4419	1,55
$\nu_1 + \nu_3$	3481	41,6
$2\nu_2 + \nu_3$	3366	1,68
$2\nu_1$	2563	32,8
$2\nu_2 + \nu_1$	2461	9,1

MESURES DE LARGEURS DE RAIES. — Dans le cas de l'oxyde de carbone et de l'oxyde azotique, on trouve que Δ est une fonction linéaire de p, donnée respec-

tivement par les formules :

$$(2)\quad \begin{cases} CO: & \Delta = 0{,}037p + 0{,}001, \\ NO: & \Delta = 0{,}040p + 0{,}002; \end{cases}$$

où p s'exprime en atmotsphères et Δ en cm^{-1}.

Par conséquent, dans le cas de ces gaz faiblement polaires, la largeur de raie se trouve déterminée par les chocs moléculaires, et le demi élargissement, par unité de pression, apparaît voisin de 0,040 cm^{-1}. (Dans le cas de NO, nous avons tenu compte du fait que chacune des raies est double, quoique non dédoublée sur nos spectres.)

Le terme constant des équations (2) s'approche, comme le prévoit la théorie, de la largeur Doppler, prépondérante à basse pression.

La largeur de raie a été encore calculée pour le protoxyde d'azote, mais à la pression atmosphérique seulement. Nous avons trouvé $\Delta = 0{,}040$ cm^{-1}. Les valeurs déterminées pour Δ sont donc très voisines, dans le cas de ces trois composés, et inférieures à celles obtenues par ailleurs au moyen d'autres procédés.

SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — *Spectres d'absorption infrarouge du thiophène et de dérivés monosubstitués du thiophène.* Note de M. **Antonio Hidalgo**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les spectres d'absorption du thiophène et de dérivés monosubstitués du thiophène ont été déterminés entre 400 et 3 500 cm^{-1} environ. On propose une attribution des bandes observées à des modes de vibration déterminés, en utilisant une méthode comparative qui permet de mettre en évidence des suites de bandes.

1. Le spectre d'absorption infrarouge du thiophène a été déterminé antérieurement par plusieurs auteurs [1]. Nous avons repris ces mesures, et nous les avons étendues vers de plus basses fréquences. En vue de l'interprétation des résultats, les spectres Raman du thiophène et du thiophène deutéré [2], ainsi que les spectres infrarouges et Raman du sélénophène [3] se sont montrés fort utiles.

Par contre, il n'existait, jusqu'à présent, qu'un nombre fort restreint

---

(1) W. W. Coblentz, *Publication Carnegie, Inst.*, n° 35, Washington (D. C.), 1905; J. Lecomte, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1946, p. 415; H. W. Thompson et R. B. Temple, *Trans. Faraday Soc.*, 41, 1945, p. 27; American Institute of Petroleum (A. I. P.).

(2) A. W. Reitz, *Z. Phys. Chem.*, B. 33, 1936, p. 179; G. B. Bonino et R. Manzoni-Ansidei, *Z. Phys. Chem.*, B. 25, 1934, p. 327; K. W. F. Kohlrausch et H. Schreiner, *Acta physica Austriaca*, 1, 1947, p. 373.

(3) H. Gerding, G. Milazzo et H. H. K. Rossmark, *Recueil trav. chim. Pays-Bas*, 72, 1953, p. 957.

de spectres infrarouges se rapportant à des dérivés mono- ou disubstitués du thiophène ([4]). Nous avons complété ces mesures, du côté des basses fréquences, en étudiant aussi une dizaine de dérivés nouveaux. Nous nous bornerons ici au thiophène et à ses dérivés monosubstitués.

Toutes ces recherches ont été effectuées au moyen d'un spectrographe Perkin-Elmer 12 C, muni d'un prisme, soit en chlorure de sodium, soit en bromure de potassium, soit en fluorure de calcium, ce qui permet d'examiner, dans des conditions correctes, le domaine 400-3 500 cm^{-1} environ.

2. En prenant, pour la molécule du thiophène, une configuration plane (symétrie C_{2v}), nous pouvons fixer approximativement, comme il suit, les nombres d'ondes (en cm^{-1}) des vibrations appartenant aux classes suivantes : A_1 (604, 832, 1032, 1079, 1358, 1404, 3078 et vers 3078), B_1 (748, 866, 902, 1250, 1586, 3086, 3120), B_2 (375, 460, 710), A_2 (686, 565). L'attribution de ces deux dernières vibrations, inactives en absorption, reste moins sûre que celle des autres.

Nous sommes parti de ces données pour interpréter les spectres des *dérivés monosubstitués du thiophène.* Lorsque l'on regarde attentivement leurs spectres, on constate, en effet, des analogies très nettes entre certaines bandes en passant d'un composé à un autre, ce qui permet de définir des suites de bandes que nous indiquons dans le tableau, où nous avons utilisé, le cas échéant, les nombres donnés par l'A. I. P. Dans l'ensemble, les variations dans les nombres d'ondes observés lorsque l'on passe du thiophène aux dérivés monosubstitués restent relativement faibles, sauf pour les substituants lourds, car on sait que la présence d'un noyau imprime une influence très marquée sur le spectre. On peut naturellement s'attendre à une action différente pour un substituant en position 2 ou en position 3.

Thiophène	710	830	869	1033	1082	1250	1358	1410	(3000)	1586	3120 3086
Méthyl-2 thiophène	694	742	820	1036	1078	1240	1335	1392	1445	1538	3060
Méthyl-3 thiophène	687	769	832	1058	1081	1236	–	1386	1464	1542	3110
Éthyl-2 thiophène	690	–	823	1024	1079	1223	1312	1371	1456	1558	3090
Vinyl-2 thiophène	695	745	829	1049	1082	1240	1293	1344	1438	1517	3115
Acétyl-2 thiophène	671	720	–	1033	1062	1234	1274	1344	1416	1517	3120
Chloro-2 thiophène	644	686	820	1005	1054	1228	–	1349	1412	1510	3100
Bromo-2 thiophène	628	686	820	1000	1050	1221	1236	1341	1399	1510	3110

On notera aussi qu'une des suites de bandes, correspondant pour le thiophène à des vibrations de valence C—H vers 3100 cm^{-1}, perd cette caractéristique pour les dérivés monosubstitués, et vient se placer dans la région de 1400 cm^{-1}. Enfin, toutes les fois où le substituant comporte plus d'un

([4]) J. Garach et J. Lecomte, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1946, p. 423 et A. I. P.

atome, on mesure dans le spectre les bandes caractéristiques propres au groupement substitué. C'est, en particulier, le cas pour les vibrations impliquant une rotation du groupement CH_3 (rocking) avec les méthyl-2, méthyl-3, acétyl- et éthyl-thiophène, la vibration C—C de ce dernier vers 994 cm^{-1}, les vibrations gauches des atomes d'hydrogène du groupement vinyle vers 900 et 980 cm^{-1}, la vibration de valence C=C de ce dernier vers 1620 cm^{-1}, et les vibrations de valence et de déformation de C=O de l'acétyl-thiophène, vers 600 et 1671 cm^{-1}. Ainsi que l'on pouvait s'y attendre, la conjugaison des doubles liaisons, C=C et C=O, avec celles du noyau hétérocyclique, amène un abaissement des nombres d'ondes relativement à leur valeur normale : respectivement vers 1650 et 1720 cm^{-1}.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Photoluminescence de cristaux aux basses températures. V. Quelques molécules carboxylées.* Note (*) de MM. **Paul Pesteil**, **Adnan Zmerli** et **Marc Barbaron**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le spectre de phosphorescence de substances aromatiques carboxylées varie avec la température. Le déplacement est dû à l'intervention d'une vibration dont la fréquence est voisine de 1500 cm^{-1}.

Deux d'entre nous ont montré dans une Note récente (1) que le spectre de phosphorescence de la benzophénone à 14° K peut s'expliquer ainsi : à basse température, l'électron ne retombe pas au niveau vibrationnel le plus bas, comme à 293° K, mais s'arrête sur le premier niveau de la vibration E$\bar{u}$ (1491 cm^{-1}) des noyaux benzéniques. Divers auteurs qui ont étudié l'absorption des cétones (2) ont aussi signalé l'existence d'une faible bande du côté visible du spectre et ont attribué son existence à l'intervention d'une vibration de l'état électronique normal.

Nous avons entrepris l'étude systématique des spectres de phosphorescence des composés aromatiques carboxylés à l'état cristallisé à différentes températures, afin de préciser, dans chaque cas, les conditions d'apparition et la nature de la vibration qui intervient. Les premiers résultats publiés aujourd'hui, que résument les courbes ci-joint de luminescence à 120° K et à 14° K concernent les molécules suivantes : acétophénone (A) naphtylphénylcétone (NPC), benzoïne (BNE), fluorénone (F),

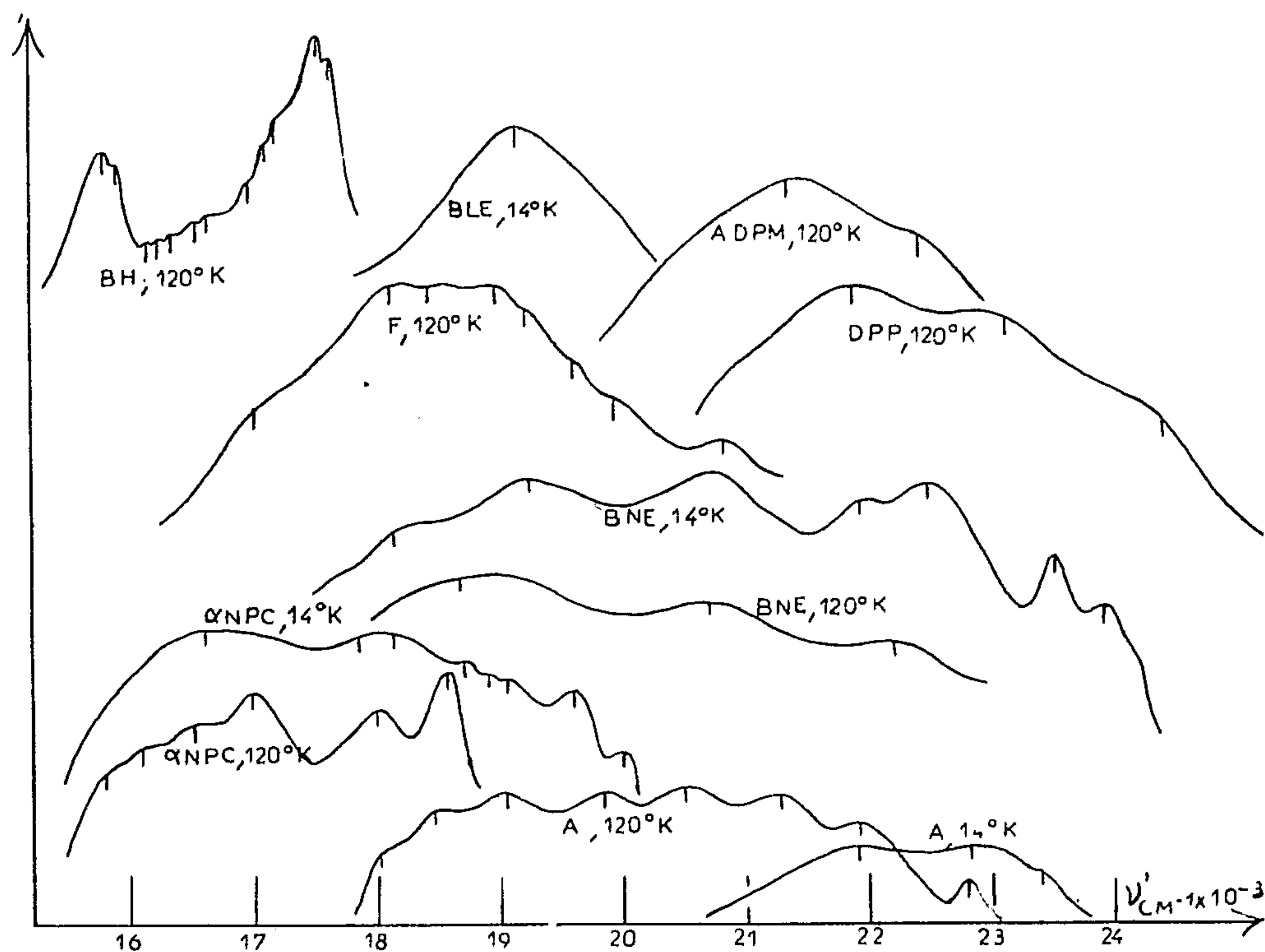
(*) Séance du 12 juillet 1954.

(1) P. Pesteil et M. Barbaron, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1789.

(2) J. Bielecki et Victor-Henri, *Ber.*, 46, 1913, p. 3633; J. Taboury, *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 740, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 419; M. Lestrade, *Thèse*, Poitiers, 1952.

diphénylpropione (DPP), benzile (BLE), anhydride diphénylmalonique (ADPM) et 4-5-benzhydrindone (BH).

Ces substances ne sont pas phosphorescentes à la température ordinaire, mais elles le deviennent lorsqu'on abaisse la température. Cela est dû à ce que la désactivation provenant de l'agitation thermique diminue en



même temps que la température. On assiste aussi, comme dans le cas de la benzophénone, à une variation du spectre qui produit des changements de couleur manifestes lors du refroidissement. Cet effet est particulièrement sensible dans les cas de A, NPC, BNE pour lesquels le déplacement a lieu du rouge au violet, c'est-à-dire en sens inverse de celui de la benzophénone. On voit aussi que, lorsqu'on passe de 120° K à 14° K, la résolution de ces trois spectres n'augmente pas. On note enfin que les premières bandes vers le violet des spectres d'une même substance à deux températures différentes sont séparées de 1500 cm^{-1} environ, mais la largeur des bandes interdit de préciser la vibration qui intervient. Le spectre de F à 120° K semble formé de deux domaines qui sont aussi distants de 1500 cm^{-1} environ. Parmi les spectres des autres substances, seul celui de BH, dont la résolution commence dès 120° K, se résoud en bandes très fines à 14° K. Nous publierons prochainement les résultats du dépouillement qui est en cours.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Rôle des trappes profondes dans la formation du signal photoélectrique des couches minces de sulfure de cadmium.* Note de (*) M. **Gérard Wlérick**, présentée par M. André Danjon.

On peut rendre compte de la formation du signal dans les couches de CdS en admettant l'existence de trappes profondes à forte section de capture. On trouve en première approximation une croissance hyperbolique et l'on indique une approximation meilleure.

En illuminant à 20° C des couches minces photoconductrices de CdS-Cu avec une lumière de longueur d'onde 6 710 Å, j'ai observé, avec F. Pregermain, que les courbes représentant la croissance temporelle du courant montrent fréquemment un point d'inflexion au début de l'illumination ([1]). R. Frerichs et A. Siegert ([2]) ont trouvé un comportement semblable en irradiant un cristal de CdS par des rayons γ à 84° K. Ces résultats peuvent s'interpréter à l'aide du modèle généralement admis pour expliquer la luminescence de CdS ([3]), ([4]). Dans une Note récente ([5]), dont je reprends toutes les notations, j'ai utilisé ce modèle. La figure 1 représente le schéma énergétique correspondant : dans la partie inférieure de la bande interdite sont situés des niveaux donneurs dus à Cu et dans la partie supérieure se trouvent des trappes dont la section de capture pour un électron est beaucoup plus grande que celle des donneurs ionisés ($b \gg c$).

Malgré la simplicité de ce modèle, on ne peut obtenir la loi temporelle du courant qu'en résolvant graphiquement un système de trois équations différentielles non linéaires. Je vais montrer cependant que, pour $\lambda > 5\,100$ Å, on peut se ramener à *une* équation intégrable, dans le cas le plus typique où la température est assez basse ou bien l'intensité de l'illumination assez forte (domaine III) pour que les transitions thermiques soient négligeables. En posant $dn/dt = n'$, l'équation temporelle des électrons libres s'écrit :

$$n' + cn(N_a + n_t) + bn(N_t - n_t) - f = 0. \tag{1}$$

En supposant, comme dans ([5]), $b \gg c$ et $bN_t \gg cN_a$, on peut, au début de la croissance du signal, négliger le deuxième terme de l'équation et admettre, en première approximation, que les électrons libérés par la lumière dans la bande de conduction sont, au fur et à mesure de leur libération, captés par les trappes

(*) Séance du 12 juillet 1954.

([1]) *J. Phys. Rad.*, 15, 1954 (à paraître).

([2]) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1875.

([3]) M. Schön, *Z. Naturforsch*, 6a, 1951, p. 251-255.

([4]) F. Kröger, H. Vink et J. Boomgaard, *Z. Physik Chem*, 203, 1954, p. 1-72.

([5]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2514.

jusqu'à ce que celles-ci soient *complètement* remplies. On a alors

$$n_t = ft \qquad \left(0 \leq t \leq t_0 = \frac{N_t}{f}\right)$$

et l'équation (1) devient

$$(2) \qquad n' + 2p^2(t_0 - t)\,n = f, \qquad \text{avec} \quad 2p^2 = bf.$$

Première solution. — Je suppose n' négligeable. Ceci n'est valable ni tout au début, ni à la fin du remplissage des trappes, mais peut être valable dans la

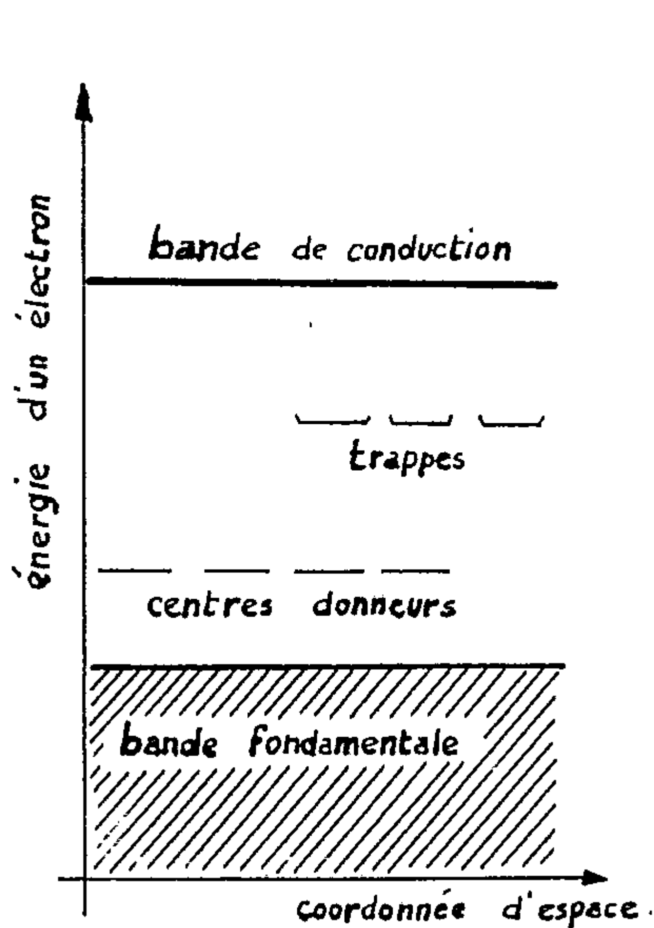


Fig. 1.

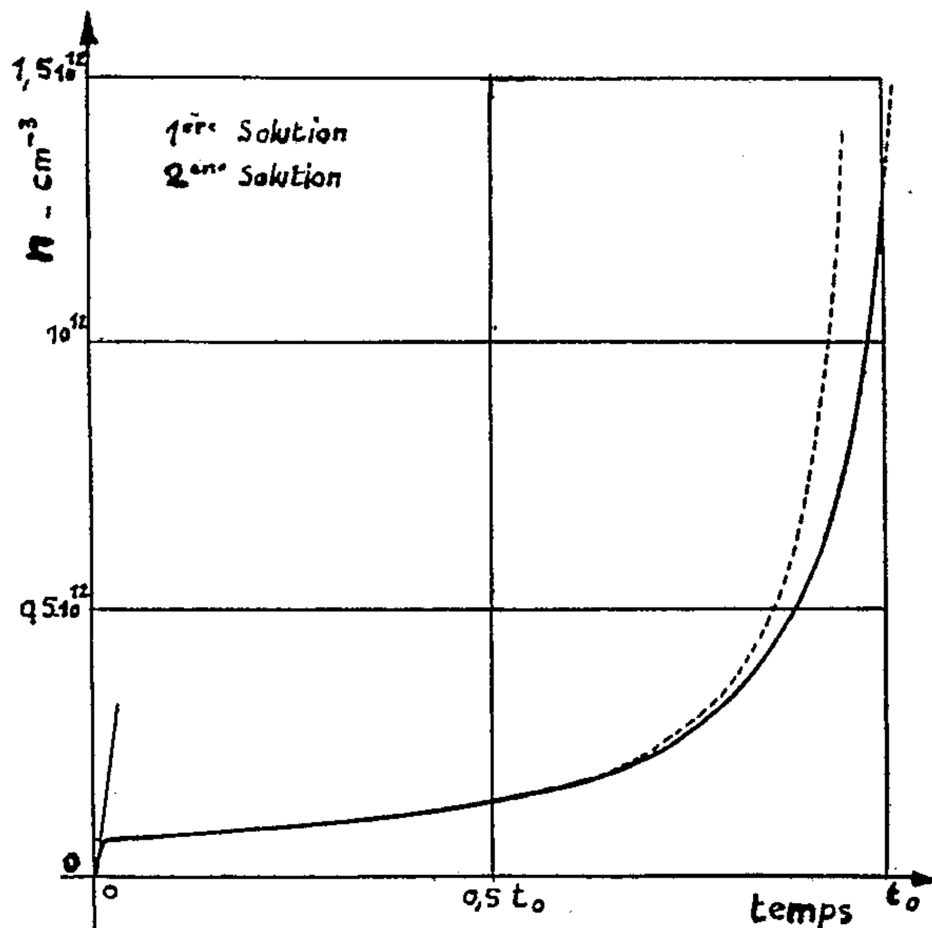


Fig. 2.

période intermédiaire. J'obtiens alors une *croissance hyperbolique* de n (*fig.* 2)

$$(3) \qquad 2p^2(t_0 - t)\,n = f \qquad (t < t_0).$$

Deuxième solution. — J'intègre l'équation (2)

$$(4) \qquad n = \frac{\sqrt{\pi}}{2}\,\frac{f}{p}\,e^{p^2(t_0-t)^2}\,\{\operatorname{erf}(pt_0) - \operatorname{erf}[p(t_0 - t)]\},$$

avec

$$\operatorname{erf}(x) = \int_0^x e^{-u^2}\,du \qquad \text{et} \qquad 0 \leq t \leq t_0.$$

On trouve dans les tables ([6]) la valeur de erf (x) jusqu'à $x = 10$. Ceci restreint beaucoup le choix des exemples numériques qui correspondraient plutôt à $x \sim 1000$. Je choisis ici : $c = 10^{-14}\,\text{cm}^3\,s^{-1}$; $b = 10^{-10}\,\text{cm}^3\,s^{-1}$; $N_a = 10^{14}\,\text{cm}^{-3}$; $N_t = \sqrt{2}.10^{13}\,\text{cm}^{-3}$; $f = 10^{14}\,\text{cm}^{-3}\,s^{-1}$;

([6]) *Tables of Probability Functions*, New-York, 1942.

d'où $t_0 = \sqrt{2}/10$ s et $pt_0 = 10$. La variation de n est représentée sur la figure 2. On voit que la courbe se décompose en trois parties : une phase initiale linéaire; une phase intermédiaire à croissance lente, assimilable à l'hyperbole de la première solution; une phase finale à croissance rapide. La durée Δt_i de la phase initiale est très petite : $\Delta t_i \sim (1/b N_t)$. Lorsque Δt_i est beaucoup plus court que la constante de temps des appareils utilisés, on ne voit pas expérimentalement le premier changement de courbure et l'on observe seulement le point d'inflexion correspondant à $t = t_0$. Avec les valeurs choisies, on trouve :

$$(n)_{t=\Delta t_i} = 7 \cdot 10^{10}\ \text{cm}^{-3}; \qquad n_{\text{équilibre}} = 8,5 \cdot 10^{13}\ \text{cm}^{-3}.$$

Ainsi le « palier » de la phase intermédiaire correspond à des valeurs de n environ 10^3 fois plus petites que les valeurs d'équilibre.

Conclusion. — On peut décrire par une formule unique la période de croissance du courant correspondant au remplissage des trappes. On peut de plus, connaissant f, tirer N_t et b des résultats expérimentaux.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le spectre d'électrons de conversion émis par* $^{241}\text{Am} \xrightarrow{\alpha} {}^{237}\text{Np}$. Note de MM. **John Milsted, Salomon Rosenblum** et **Manuel Valadares**, présentée par M. Francis Perrin.

On donne les valeurs numériques correspondant au spectre d'électrons de conversion intéressant le schéma de niveaux du $^{237}\text{Np}^*$.

Une discussion plus détaillée sera donnée dans une publication ultérieure.

L'étude du spectre α de ^{241}Am permet l'établissement direct du schéma de niveaux du $^{237}\text{Np}^*$. Nous avons pu reprendre cette étude grâce à des sources d'Am émettant $10^4 - 10^5$ α/sec préparées à Harwell.

L'américium était formé par désintégration β de ^{241}Pu dans une préparation de plutonium chimiquement pur. Du fait que le ^{241}Pu était le seul isotope de plutonium présent qui soit émetteur β, ^{241}Am formé était isotopiquement pur. Il a été séparé du plutonium et purifié par des méthodes d'échange d'ions et précipitation, semblables à celles déjà décrites par l'un de nous (1).

Les sources étaient préparées par sublimation à la température de 2000° C de l'oxyde déposé préalablement sur un filament de tantale et condensé sur un disque froid de platine poli dans un vide élevé. La surface du dépôt était limitée par une fente placée sur le disque de platine (2).

Le spectre α de ^{241}Am étant très complexe (3) nous avons jugé utile de réexaminer le spectre magnétique des électrons de conversion; les résultats expérimentaux dus à cette dernière méthode étant plus précis, ils devraient en plus permettre de contrôler les termes correctifs de la formule de Bohr Mottelson

(1) J. Milsted, *A. E. R. E.*, C/R 1102.

(2) Cet appareillage a déjà été décrit dans *A. E. R. E.*, C/R 1379, J. Milsted.

(3) F. Asaro, *Thèse*, Université de Californie, 1953.

pour les espacements des premiers niveaux de rotation ([4]). Certains de nos résultats étant nouveaux ([5]) à ([16]), nous donnons dès maintenant la partie de faible énergie du spectre correspondant aux cinq premiers niveaux bien établis par l'étude de la structure fine ([17]).

TABLEAU I.

I.	HR.	Énergie.	I.	HR.	Énergie.
t. f.	337,7	9,93	m	630,9	33,87
m	350,8	10,70	t. F	661,7	37,15
m	364,8	11,56	t. F	669,7	38,02
t. f.	374,8	12,20	m	678,5	38,99
f (large double).	386,7	12,98	t. F	705,0	41,97
m	400,2	13,89	f	707,5	42,27
f	412,5	14,75	f	714,2	43,03
m	423,3	15,52	f	770,6	49,78
f	440,5	16,78	f	773,2	50,10
t. f.	(452,3)?	–	f	779,4	50,87
m	489,7	20,66	t. F	803,2	53,88
F	492,7	20,92	t. F	806,3	54,28
F	502,9	21,77	F	813,3	55,18
f	509,9	22,37	f	817,7	55,74
m	538,5	24,89	F	836,6	58,22
F	548,2	25,77	m	844,5	59,26
F	565,8	27,41	f	972,7	77,33
m	569,3	27,74	f	999,5	81,35
m	579,0	28,66	t. f.	1077	93,44
m	608,9	31,62	t. f.	1083	94,40
m (large)	623,7	33,13			

I, Intensité; HR, Oe×cm; Énergie (keV).

([4]) AAGE BOHR, *Thèse*, Copenhague, 1954, p. 20 et suiv.
([5]) C. A. PROHASKA, *Thèse*, Université de Californie, 1951.
([6]) G. D. O'KELLEY, *Thèse*, Université de Californie, 1951.
([7]) C. I. BROWNE et I. PERLMAN, *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 758.
([8]) J. K. BELING, J. O. NEWTON et B. ROSE, *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 797.
([9]) C. D. DUNLAVEY et G. T. SEABORG, *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 165.
([10]) F. ASARO, F. L. REYNOLDS and I. PERLMAN, *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 277.
([11]) J. K. BELING, J. O. NEWTON et B. ROSE, *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 670.
([12]) M. S. FREEDMAN, F. WAGNER, Jr et D. W. ENGELKEMEIR, *Phys. Rev.*, 88, 1952, p. 1155.
([13]) C. I. BROWNE, *Thèse*, Université de Californie, 1952.
([14]) R. W. HOFF, *Thèse*, Université de Californie, 1953.
([15]) F. ASARO et I. PERLMAN, *Phys. Rev.*, 93, 1954, p. 1423.
([16]) F. WAGNER, Jr., M. S. FREEDMAN, D. W. ENGELKEMEIR et J. R. HUIZENGA, *Phys. Rev.*, 89, 1953, p. 502.
([17]) Un groupe annoncé à un intervalle de 11 keV devant α_0 était dû, en effet à une erreur expérimentale, comme déjà indiqué par Asaro ([11]), ([15]) et en accord avec nos mesures à Bellevue sur la structure fine α.

Connaissant, par l'étude du spectre α, les cinq premiers niveaux du $^{237}Np^*$, on a pu classer la plupart des raies de conversion de la façon indiquée dans le tableau II.

TABLEAU II.

f.	77,33 + 21,59 (L_{II})......	98,92
f.	81,35 + 17,61 (L_{III})......	98,96
t. f.	93,44 + 5,36 (M_{II})......	98,80
t. f.	94,40 + 4,43 (M_{III}).....	98,83
	Moyenne..........	98,88
t. F.	37,15 + 22,41 (L_I).......	59,56
t. F.	38,02 + 21,59 (L_{II})......	59,61
t. F.	41,97 + 17,61 (L_{III})......	59,58
t. F.	53,88 + 5,74 (M_I)......	59,62
t. F.	54,28 + 5,36 (M_{II})......	59,64
F.	55,18 + 4,43 (M_{III}).....	59,61
f.	55,74 + 3,85 (M_{IV})......	59,59
F.	58,22 + 1,50 (N_I).......	59,72
m.	59,26 + 0,35 (O_I)......	59,61
	Moyenne..........	59,62
m.	33,13 + 22,41 (L_I).......	55,54
m.	33,87 + 21,59 (L_{II})......	55,46
f.	49,78 + 5,74 (M_I)......	55,52
f.	50,10 + 5,36 (M_{II})......	55,46
f.	50,87 + 4,43 (M_{III}).....	55,30
	Moyenne..........	55,46

L_{III} et N_I cachées par des raies t. F.

F.	20,92 + 22,41 (L_I).......	43,33
F.	21,17 + 21,59 (L_{II})......	43,36
F.	25,77 + 17,61 (L_{III})......	43,38
f.	43,03 + 0,35 (O_I).......	43,38
	Moyenne..........	43,36

M_I et N_I cachées par des raies t. F.

m.	10,70 + 22,41 (L_I).......	33,11
m.	11,56 + 21,59 (L_{II})......	33,15
m.	15,52 + 17,61 (L_{III})......	33,13
F.	27,41 + 5,74 (M_I)......	33,15
m.	27,74 + 5,36 (M_{II})......	33,10
m.	28,66 + 4,43 (M_{III}).....	33,09
m.	31,62 + 1,50 (N_I).......	33,12
	Moyenne..........	33,12
m.	20,66 + 5,74 (M_I)......	26,40
m.	24,89 + 1,50 (N_I).......	26,39
	Moyenne..........	26,39

CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse du mécanisme de la formation de cristaux mixtes par étude cryoscopique en milieu sel fondu* [SO_4Na_2] (*sulfates et halogénures alcalins*). Note (*) de M. **Georges Petit**, présentée par M. Eugène Darmois.

Ce travail a eu pour but d'élucider le mécanisme de la formation de cristaux mixtes par application de la technique cryoscopique qui, dans ce cas, donne le rapport des concentrations du soluté dans le cristal et le liquide, calculé à partir de l'abaissement du point de fusion ([1]).

Nous avons utilisé comme solvant le sulfate de sodium (F 1158° abs.) qui jouit de la remarquable propriété de donner de tels cristaux avec la plupart des

(*) Séance du 5 juillet 1954.

([1]) Van't Hoff : *voir* Pascal, *Cours de chimie générale*, Masson, Paris.

sels qu'il dissout; fait déjà signalé par Le Chatelier (²) et Calcagni (³) pour les sulfates alcalinoterreux.

Nous avons pensé qu'il serait intéressant de préciser ces résultats et de les relier par une étude systématique aux paramètres fondamentaux des ions dissous. Dans ce premier travail nous n'avons étudié que des sels apportant une seule particule étrangère au solvant, c'est-à-dire les sulfates alcalins et alcalinoterreux d'une part, les halogénures alcalins d'autre part.

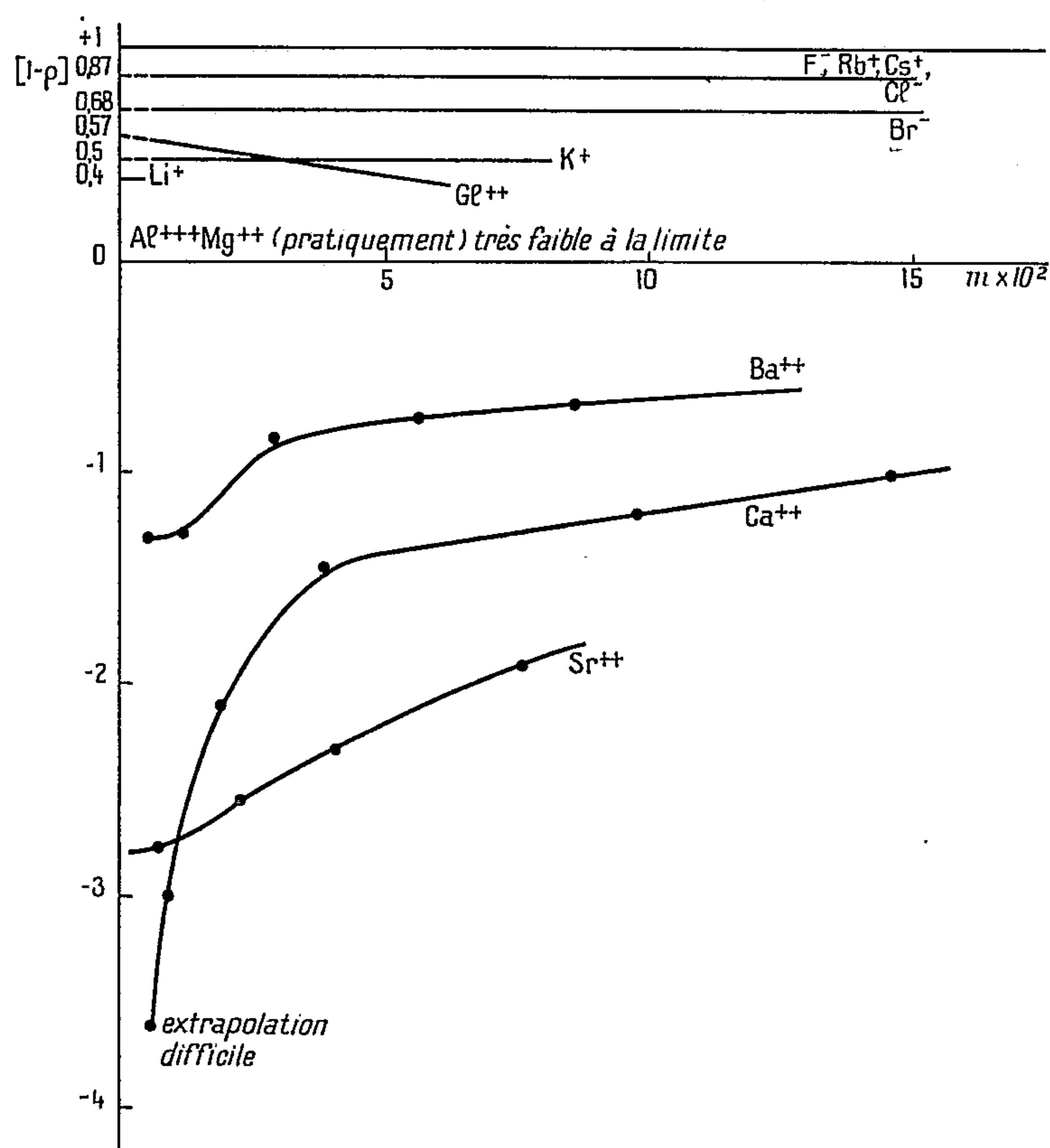


Fig. 1.

Les résultats ont été représentés en portant en abscisses la molarité et en ordonnées la valeur du rapport $(1/K)(\theta/m) = (1 - \rho)$ reliant en *solution très diluée* ρ à θ, où θ est la dépression thermique, K la constante cryoscopique, *m* la molarité, ρ le rapport des concentrations du soluté dans le cristal et le liquide ($\rho = C_{crist}/C_{liq}$).

Les résultats, représentés sur la figure 1, appellent les remarques suivantes :

1° Les ions alcalins et halogénés donnent *pratiquement* des horizontales

(²) *Comptes rendus* 123, 1896, p. 746.
(³) *Atti Accad. lincei*, 1912, p. 1940.

pour ces faibles molarités, traduisant ainsi une coupure totale du sel dissous et l'idéalité des solutions en présence.

La non-horizontalité s'explique, chez les alcalinoterreux par exemple, par un regroupement créant des molécules entières à ρ différent de celui des ions.

Le mécanisme de cristallisation joue ainsi le rôle d'observateur de la nature des particules du soluté et des variations de leurs concentrations relatives en fonction des variations de la concentration globale en molécules initiales.

2° La valeur $(1-\rho)_{m=0}$ de $(1-\rho)$ quand m tend vers zéro, nous révèle la tendance à l'intégration dans le cristal des ions provenant d'une dissociation totale, à l'exclusion de l'effet perturbateur dû aux molécules entières. Elle est donc reliable aux paramètres ioniques fondamentaux.

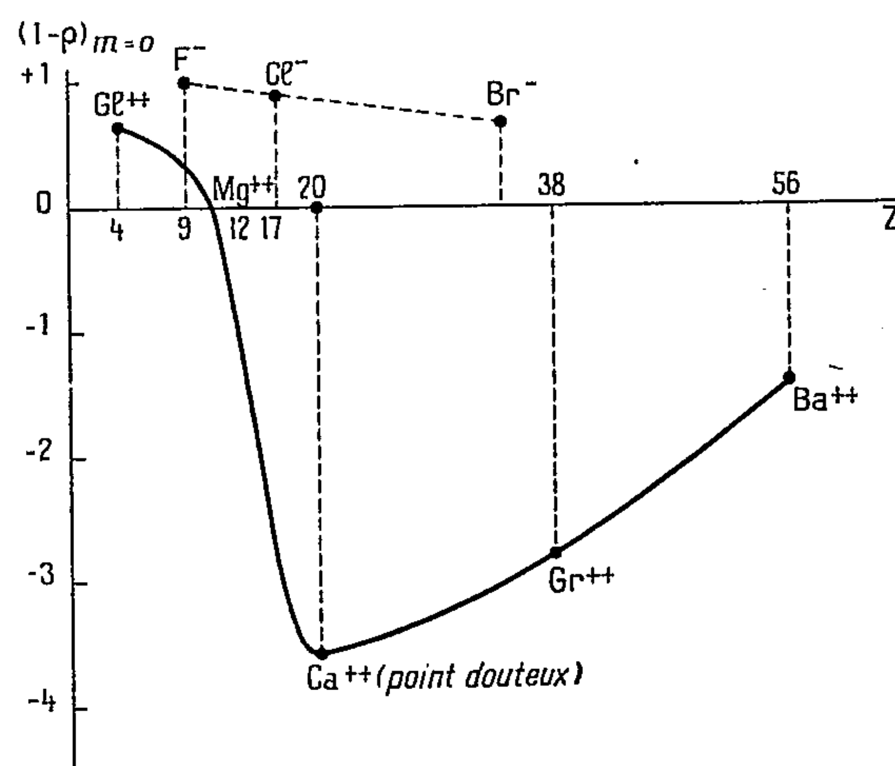


Fig. 2.

Nous avions eu l'occasion ([1]) de conclure d'après les résultats alors connus sur les alcalinoterreux en particulier, que l'intégrabilité dans le cristal devait être fonction de la densité électronique σ, mais à la lumière de plus récents résultats obtenus avec le glucinium et le magnésium, nous avons pour les métaux de la seconde colonne, représenté les résultats en portant en abscisses le numéro atomique et en ordonnées la valeur de $(1-\rho)_{m=0}$ (*fig.* 2).

L'allure de la courbe révèle deux facteurs antagonistes, l'un augmentant l'intégrabilité en fonction de l'augmentation du numéro atomique, l'autre le diminuant en fonction de ce même facteur, c'est-à-dire en fonction de l'électropositivité et du rayon atomique croissant.

En résumé, il semble que l'analyse thermique fine soit susceptible de donner d'intéressants résultats dans l'étude du mécanisme de cristallisation, dans le cas de la formation de cristaux mixtes.

([1]) G. Petit, *colloque des hautes températures*, mai 1954.

Nous remarquerons enfin que les résultats cryoscopiques concordants donnés par le fluorure de sodium, les sulfates de rubidium et de cæsium, donnent pour SO_4Na_2 fondu une constante cryoscopique égale à 72 et une chaleur de fusion égale à 5240 cal/mol.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application de la loi de Beer aux suspensions colloïdales.* Note de M. **Raymond Amiot** et M[lle] **Luce Blondeau**, transmise par M. Eugène Darmois.

Le coefficient d'extinction relatif aux suspensions colloïdales diminue lorsque la concentration augmente. En faisant intervenir le rayonnement secondaire diffusé par les particules, on établit que ce coefficient, pour une valeur donnée de l'épaisseur traversée, doit être une fonction linéaire décroissante de la concentration. Les résultats obtenus avec des suspensions aqueuses de gomme gutte, de colophane, et un hydrasol de sulfure d'arsenic sont conformes à la théorie proposée.

L'absorption de la lumière par une suspension fortement concentrée n'obéit pas en général à la loi de Beer. Le coefficient d'extinction diminue lorsque la concentration augmente. Nous avons cherché à interpréter ce phénomène en faisant intervenir le rayonnement secondaire diffusé par les particules.

Désignons par I l'intensité d'un faisceau parallèle et monochromatique tombant normalement sur une tranche liquide d'épaisseur dx, par $I + dI$ l'intensité à la sortie de la tranche. La variation dI de l'intensité, évaluée dans la direction L du faisceau incident, est due :

1° à l'absorption d'une partie de l'énergie incidente et à la diffusion d'une autre partie de cette énergie par les particules de la tranche (la diffusion étant seulement envisagée dans des directions autres que L);

2° à la diffusion d'un rayonnement secondaire par les particules de la tranche. Celles-ci reçoivent en effet non seulement la portion du faisceau qui n'a pas été éliminée dans les couches antérieures par absorption ou diffusion primaire mais les radiations diffusées dans tous les azimuts par l'ensemble des particules de la suspension tout entière. Les particules de la tranche diffusent elles-mêmes le rayonnement ainsi reçu dans toutes les directions et en particulier dans la direction L.

L'expression de dI devra donc comporter deux termes, l'un négatif attribuable au premier phénomène, l'autre dI positif attribuable au second,

$$dI = dI_1 + dI_2. \tag{1}$$

La loi de Beer-Lambert, qui ne tient pas compte de la diffusion secondaire, fournit pour une suspension de concentration c,

$$dI_1 = -Ikc\,dx. \tag{2}$$

Pour calculer dI_2, admettons que l'intensité i' du rayonnement diffusé reçu par la tranche, soit proportionnelle :

1° à l'intensité I déjà définie;

2° au carré du volume moyen v de chaque particule;

3° au nombre total des particules présentes, c'est-à-dire, si l'on opère toujours avec le même volume de liquide, au nombre n de particules contenues dans l'unité de volume. A un facteur constant près, nous aurons

$$i' = \mathrm{I} n v^2.$$

L'intensité $d\mathrm{I}_2$ du rayonnement secondaire diffusé par la tranche d'épaisseur dx, dans la direction L sera, d'après les hypothèses précédentes, proportionnelle au produit :

$$i' n v^2 \, dx = \mathrm{I} n^2 v^4 \, dx.$$

Si le volume v de chaque particule ne varie pas avec la concentration, nous pourrons écrire (n étant proportionnel à c)

$$d\mathrm{I}^2 = k' \mathrm{I} c^2 \, dx, \tag{3}$$

k' désignant un coefficient qui dépend de la nature de la suspension et des conditions de la diffusion.

Les relations (1), (2) et (3) donnent

$$\frac{d\mathrm{I}}{\mathrm{I}} = (-kc + k'c^2)\, dx.$$

La densité optique est donc

$$d = (kc - k'c^2)x,$$

qu'on peut écrire

$$d = k\left(1 - \frac{k'}{k} c\right) cx.$$

Ainsi le quotient d/cx au lieu d'être constant pour une valeur donnée de l'épaisseur traversée est une fonction linéaire décroissante de la concentration.

Nous avons trouvé qu'une telle loi se vérifiait pour des suspensions aqueuses de gomme gutte, de colophane et des hydrosols de sulfure d'arsenic. Voici par exemple quelques résultats dans ce dernier cas. L'épaisseur constante est 5 mm, la longueur d'onde 5 000 Å, la concentration est exprimée en grammes par litre.

c.	d.	$\frac{d}{cx}$.	k'.
1,625	0,70	0,862	–
3,25	1,38	0,849	0,0280
6,50	2,50	0,769	0,0268
9,75	3,30	0,676	0,0270
13,00	3,82	0,588	0,0269

La constante de k' justifie l'allure parabolique de la variation de la densité. Le coefficient d'extinction aux faibles concentrations est

$$k = 0{,}94 \text{ C. G. S.}$$

et la loi de Beer se vérifie. Mais dès que la concentration atteint 2 g/l il faut considérer que ce coefficient est une fonction linéaire de la concentration

$$K = 0{,}94 - 0{,}027\,c,$$

en accord avec la théorie proposée.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur une nouvelle conception du rôle joué par la solvatation des ions dans le phénomène d'Hittorf.* Note (*) de M. **Luc-Henry Collet**, transmise par M. Eugène Darmois.

Dans une précédente Note ([1]), nous avons montré que l'hypothèse de l'existence d'un flux d'hydratation oblige à considérer un reflux hydrodynamique, tel qu'à l'équilibre la solution garde un volume constant et dont l'effet important est de modifier les nombres de transport des ions : leurs mobilités expérimentales, dans les conditions mêmes de l'électrolyse, doivent être considérées comme étant la somme des mobilités absolues, qu'ils auraient dans un milieu immobile, et de la vitesse d'entraînement, qui est celle du reflux hydrodynamique.

C'est ce reflux que la théorie classique ignore et, dans le calcul habituel ([2]), on ajoute simplement aux pertes par électrolyse, l'eau d'hydratation transportée par les ions; or, il est bien certain que ce schéma n'est pas compatible avec un régime permanent. C'est influencé par cette façon de voir, que nous avions essayé d'améliorer notre premier calcul. Mais, les remarques précédentes nous prouvent que la théorie classique est incorrecte et qu'il convient maintenant de l'abandonner.

Le plus simple raisonnement consiste à étudier successivement les déplacements réels de l'électrolyte et ceux du solvant. Pour l'électrolyte, l'ingénieux mécanisme imaginé par Hittorf semble toujours valable puisqu'il rend compte de l'expérience : s'il pénètre N_+ cations dans le compartiment cathodique, ils y seront électrolysés et si, dans le même temps, il en sort N_- anions, les cations, en même nombre, laissés pour compte à la cathode, s'y dégageront; au total, il aura disparu respectivement N_+ et N_- molécules d'électrolyte des compartiments anodique et cathodique.

Les volumes de chaque compartiment étant constants (V_0), on connaît déjà, *sans s'occuper des flux partiels de liquide*, les variations de concentration p_A et p_C aux deux électrodes. Elles s'expriment en fonction des mobilités expérimen-

(*) Séance du 12 juillet 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 252.

([2]) *Voir*, par exemple : Glasstone, *Électrochimie des solutions*, traduction française, 1936, p. 46.

tales $U_\pm$, en remarquant que $N_\pm = \rho i n U_\pm$, i étant le courant électrique et ρ la résistivité de la solution de concentration n; il vient

$$p_C = \frac{\rho n i t}{V_0} U_-,$$

$$p_A = \frac{\rho n i t}{V_0} U_+.$$

La méthode d'Hittorf doit donc donner, *sans aucune correction*, les valeurs des mobilités réelles dans l'électrolyse considérée et on pourrait s'attendre à retrouver ces mêmes valeurs dans l'expérience des surfaces mobiles. En fait, les deux méthodes donnent des résultats très voisins et il faut bien noter qu'elles ne permettent jamais de se placer dans des conditions identiques, la seconde étant certainement la plus complexe.

Il est sans doute surprenant de ne plus voir figurer explicitement l'hydratation des ions dans ces formules, mais en fait, c'est elle qui détermine les mobilités expérimentales. Celles-ci peuvent maintenant être calculées à partir des mobilités absolues $V_\pm$ auxquelles elles sont liées par l'équation de composition des vitesses : $U_\pm E = \mp v_G + V_\pm E$, E étant le champ électrique uniforme et v_G la vitesse de reflux hydrodynamique, qui s'obtient en écrivant qu'à travers une surface S limitant chaque compartiment électrodique, *le flux d'eau total est nul*. Pour le compartiment cathodique par exemple et en supposant un flux d'hydratation $\Phi_+ - \Phi_- = SE v_0 n (V_+ n_+ - V_- n_-)$ dirigé vers la cathode, on aura un reflux $\Phi_0 = S v_G$ tel que $\Phi_0 = \Phi_+ - \Phi_-$, les $n_\pm$ étant les nombres d'hydratation et v_0 le volume moyen occupé par une molécule d'eau; d'où $v_G = v_0 n E (V_+ n_+ - V_- n_-)$. On a donc les relations :

$$U_+ = V_+ - v_0 n (V_+ n_+ - V_- n_-), \qquad U_- = V_- + v_0 n (V_+ n_+ - V_- n_-)$$

et finalement l'expression des variations de concentration dans un volume fini entourant chaque électrode et non perturbé à ses limites :

$$p_C = \frac{\rho n i t}{V_0} [V_- + v_0 n (V_+ n_+ - V_- n_-)],$$

$$p_A = \frac{\rho n i t}{V_0} [V_+ - v_0 n (V_+ n_+ - V_- n_-)].$$

Ce sont nos anciennes formules dans lesquelles on aurait remplacé les mobilités expérimentales par les mobilités absolues.

Cette vue nouvelle sur l'intervention de l'hydratation des ions dans la conduction électrolytique permet également bien d'expliquer l'inversion du phénomène d'Hittorf. Elle nous fait penser que, dans une simple électrolyse, les nombres de transports des ions doivent être considérablement modifiés du fait de leur hydratation.

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude de la surtension à courant constant dans le cas d'une diffusion non stationnaire pour un système d'oxydo-réduction.* Note de M. **Georges Feuillade**, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans la présente étude nous exposons une méthode de calcul des coefficients de transfert d'énergie dans le cas de systèmes électrochimiques en évolution. Dans l'hypothèse d'un mécanisme électronique de réduction ou d'oxydation, la théorie combine l'équation de la surtension et les équations de la diffusion et donne des formules permettant de calculer la valeur des coefficients de transfert.

La détermination des coefficients de transfert d'énergie α et β et des énergies d'activation des processus électrochimiques à partir de la courbe de surtension est possible dans tous les cas où le système électrochimique peut atteindre un état stationnaire, soit naturellement, soit par agitation forcée. L'équation de R. Audubert (1), (2) :

$$(1) \qquad i = k_1 a_1 e^{\frac{\nu\alpha FV}{RT}} - k_2 a_2 e^{\frac{-\nu\beta FV}{RT}},$$

où les activités a_1 et a_2 sont considérées comme constantes, permet alors de déterminer simplement les valeurs des coefficients α et β ainsi que celles des énergies d'activation.

Il est cependant des cas où ne peut se réaliser un état stationnaire. Il faut alors adjoindre à l'équation (1), qui reste tout à fait générale, d'autres relations qui tiendront compte de l'évolution chimique du système au cours du temps.

Le but de ce présent travail est d'établir certains résultats à partir de la théorie mathématique connue depuis H. J. S. Sand (3) et Z. Karaoglanoff (4) et dont l'application récente (5), (6) à la théorie de la surtension s'est révélée extrêmement fructueuse.

Nous rappellerons succinctement les formules utilisées dans le cas du mécanisme direct de réduction. Les formules pour l'oxydation s'obtiendraient naturellement en permutant les symboles *ox* et *red*. L'association de l'équation de Fick, avec les conditions initiales et aux limites convenables et de l'équation générale (1) nous conduit à l'expression suivante pour la densité de courant sur une électrode plane qui plonge dans une solution ne contenant initialement que la forme *ox* à la concentration ox_0 :

$$i = k_{ox}\left\{ox_0 - \frac{1,1285\, i\sqrt{t}}{\nu F\sqrt{D_{ox}}}\right\} - k_{red}\left\{\frac{1,1285\, i\sqrt{t}}{\nu F\sqrt{D_{ox}}}\right\},$$

(1) *J. Chim. Phys.*, 21, 1924, p. 351.
(2) *Proc. Far. Soc.*, 1, 1947, p. 72.
(3) *Phil. Mag.*, 1, 1901, p. 45.
(4) *Z. Electrochem.*, 12, 1906, p. 5.
(5) L. Gierst et A. L. Juliard, *J. Phys. Chem.*, 57, 1953, p. 701.
(6) P. Delahay et T. Berzins, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 2486 et 4205.

k_{ox} et k_{red} étant les constantes de vitesse apparentes respectivement égales à

$$k^0_{ox} \exp\left(\frac{\alpha\nu FV}{RT}\right) \quad \text{et} \quad k^0_{red} \exp\left(\frac{-\beta\nu FV}{RT}\right),$$

D_{ox} et D_{red} les coefficients de diffusion. Cette formule compliquée ne se prêtant pas au calcul, on a envisagé les deux cas suivants :

1° La réduction seule intervient : $k_{red} = 0$, d'où la formule

$$V = K - \frac{RT}{\alpha\nu F} \operatorname{Log}_e \left\{ 1 - \frac{1,1285\, i\sqrt{t}}{\nu F\, ox_0 \sqrt{D_{ox}}} \right\},$$

où K est lié au système de référence des potentiels. On peut donc écrire

$$\Delta V = \frac{60}{\alpha\nu} \operatorname{Log}_{10} \left\{ 1 - \frac{1,1285\, i\sqrt{t}}{\nu F\, ox_0 \sqrt{D_{ox}}} \right\}$$

en prenant un potentiel de référence quelconque, le potentiel $V(\tau)$ à un moment déterminé de l'électrolyse par exemple. Dans ces conditions, si l'on porte dans un système de coordonnées la variation du potentiel expérimental ΔV en fonction de

$$\Delta_1 V = 60 \operatorname{Log}_{10} \left\{ 1 - \frac{1,1285\, i\sqrt{t}}{\nu F\, ox_0 \sqrt{D_{ox}}} \right\},$$

on obtiendra, dans les cas convenables, une droite dont la pente nous donnera $\nu\alpha$. Les courbes $\Delta_1 V = f(t)$ ont été tracées pour

$$\frac{1,1285\, i}{\nu F\, ox_0 \sqrt{D_{ox}}} = 0,174.10^4 i, \qquad \text{où} \quad i = 15,\ 18,\ 21,\ 24\ \text{A/cm}^2.$$

De telles valeurs donnent des temps de transition $T = (0,174.10^4 i)^{-2}$ assez grands pour effectuer des mesures précises au potentiomètre. Il est à noter que de telles courbes sont utilisables dans tous les cas à condition d'employer des concentrations et des intensités telles que le paramètre $(1,1285\, i/\nu F\, ox_0 \sqrt{D_{ox}})$ prenne les valeurs qui ont justement servi à l'établissement des courbes.

2° Dans le cas où $i \ll k_{ox}\, ox$ et $i \ll k_{red}\, red$ on s'éloigne relativement peu de l'équilibre et l'irréversibilité est due surtout à l'apparition d'un gradient de concentration. Dans ces conditions

$$\Delta V = \frac{RT}{\nu F} \operatorname{Log}_e \left\{ \frac{ox_0 - \dfrac{1,1258\, i\sqrt{t}}{\nu F \sqrt{D_{ox}}}}{\dfrac{1,1285\, i\sqrt{t}}{\nu F \sqrt{D_{red}}}} \right\} \quad (^7)$$

et en utilisant les mêmes conventions que précédemment :

$$\Delta V = \frac{\Delta_2 V}{\nu} = \frac{60}{\nu} \left\{ \operatorname{Log}_{10} \left[1 - \frac{1,1285\, i\sqrt{t}}{\nu F\, ox_0 \sqrt{D_{ox}}} \right] - \frac{1}{2} \operatorname{Log}_{10} t \right\}.$$

(7) Il est bien entendu qu'à l'équilibre : $\alpha + \beta = 1$.

ce qui permet seulement de retrouver la valence. Ce cas est d'ailleurs peu important car de tels systèmes peuvent être étudiés par la méthode des courbes de surtension ordinaire.

Les deux cas précédents se réfèrent à des processus purement électroniques. Il n'est pas interdit de supposer, ainsi que l'on fait remarquer R. Audubert [8] et J. A. V. Butler [9], qu'un mécanisme par réduction indirecte faisant intervenir des atomes H, soit possible. Une prochaine étude envisagera cette possibilité.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la polygonisation de l'aluminium de différentes puretés.* Note [*] de MM. **Christian de Beaulieu**, **Jean Talbot** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Dans une Note précédente [1], nous avions indiqué que les cristaux de fer de haute pureté se polygonisaient à basse température après un faible écrouissage. Grâce aux mêmes techniques [taches de Laue focalisées à grande distance [2] et micrographies] nous avons étudié la polygonisation de l'aluminium de différents degrés de pureté.

Par la méthode classique de l'écrouissage critique, nous avons préparé des monocristaux d'un aluminium dont le titre conventionnel est très voisin de $99{,}999_5$ et qui a été préparé dans notre laboratoire par la méthode de la zone fondue [3]. Nous avons préparé ces cristaux de la manière suivante : le lingot d'aluminium est laminé à une température voisine de celle de l'azote liquide et le métal est maintenu à cette température pour éviter la recristallisation qui peut se produire très rapidement dès — 50°. On découpe une éprouvette au voisinage de la température de l'azote liquide, puis on laisse le métal recristalliser à l'ambiante. On obtient alors des grains fins. L'éprouvette subit une traction et un allongement de 2 % et, après un recuit à 630°, on obtient un monocristal. Pour polygoniser les monocristaux ainsi préparés, nous les avons trempés à l'eau à partir de 630°, puis nous les avons recuits à cette même température.

Pour l'aluminium $99{,}999_5$, on observe un début de striation de la tache après un recuit de 6 h à 630°; cette striation est nette après 12 h de recuit. Pour l'aluminium 99,95, la striation est nette après 24 h de recuit (*fig.* 1).

---

(8) *J. Chim. phys.*, 39, 1942, p. 92.
(9) J. A. V. Butler et W. M. Leslie, *Trans. Faraday Soc.*, 32, 1936, p. 989.

(*) Séance du 5 juillet 1954.
(1) J. Talbot, C. de Beaulieu et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2162.
(2) P. Guinier et J. Tennevin, *Acta Cryst.*, 1949.
(3) F. Montariol, R. Reich, Ph. Albert et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 815.

Enfin, pour l'aluminium commercial 99,5, il faut attendre 100 h. Si l'on prolonge les recuits, l'aspect de la tache n'évolue pas, le cristal semble atteindre l'état le plus stable.

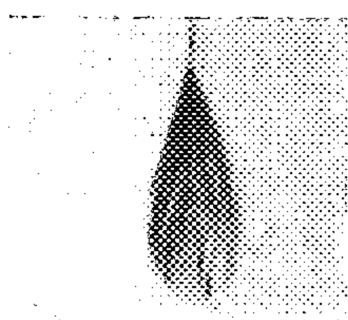
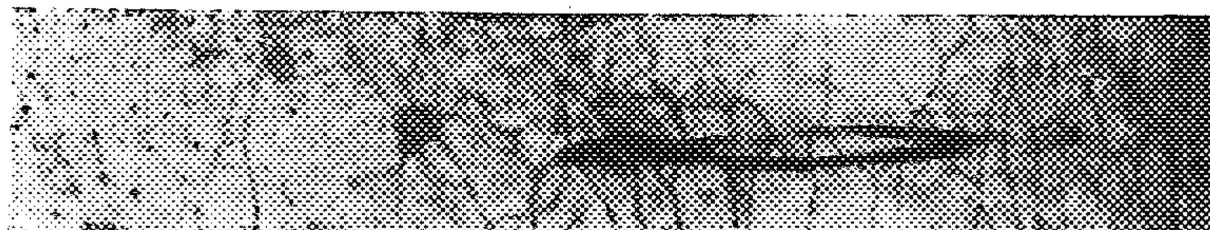


Fig. 1.



↑2 Fig. 2. ↑1

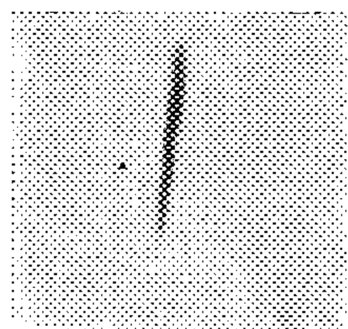


Fig. 3 *a*.

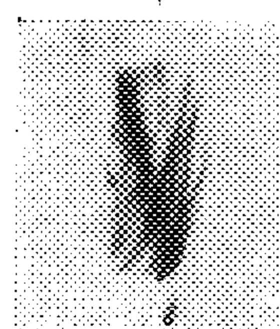


Fig. 3 *b*.

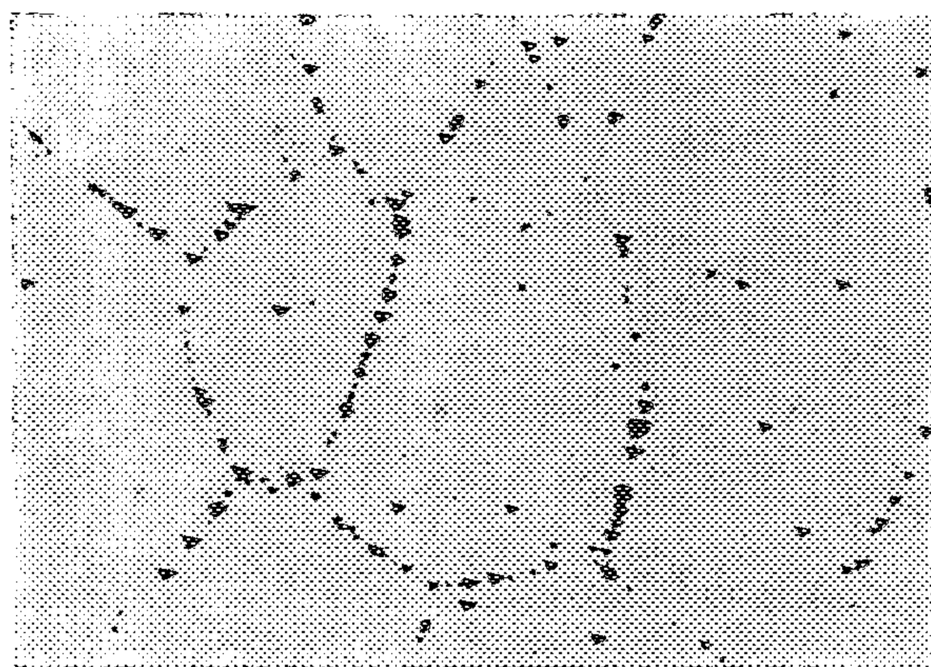


Fig. 4.

Fig. 1. — Aluminium 99,95, tache (111).
Fig. — 2. Aluminium 99,95, Monocristal polygonisé × 1.
Fig. 3 *a* et 3 *b*. — Taches données par les plans (100) sur deux régions du monocristal.
Fig. 4. — Polygonisation de l'aluminium $99{,}999_5$. G = 100.

Dans le cas de l'aluminium de très haute pureté, il existe donc un écart d'au moins 600° entre la zone de recristallisation primaire et celle où l'on peut observer la polygonisation, alors que dans le cas de l'aluminium ordinaire ou raffiné, l'écart paraît être dans nos expériences seulement de l'ordre de 200°.

Au cours de ces expériences, nous avons eu l'occasion de constater que la polygonisation de gros grains d'aluminium de différents degrés de pureté pourrait même se produire sans traitement mécanique préalable, et nous indiquons ici les conditions de ces expériences.

Les éprouvettes recristallisées à petits grains après laminage sont écrouies de 2 % par traction; elles sont ensuite placées dans un four à l'ambiante sur une sole parfaitement plane. La température monte lentement à 630°, cette température est maintenue une dizaine de jours dans le cas de l'aluminium 99,95 et seulement deux jours dans le cas de l'aluminium $99,999_5$. Le four est ensuite refroidi lentement et l'on observe que les éprouvettes sont toutes polygonisées après ce traitement. La figure 2 montre la macrographie d'un monocristal. Nous avons fait un diagramme de Laue focalisé à grande distance sur la région 1 de l'éprouvette; la figure 3 *b* représente la tache (100) ainsi obtenue. La striation est assez grossière. Sur la région 2 du cristal de la figure 2, qui montre un sous-grain d'assez grandes dimensions, on obtient une tache reproduite sur la figure 3 *a*.

Sur toutes ces éprouvettes polygonisées, nous avons fait l'attaque aux figures de corrosion et nous avons vu les contours intragranulaires caractéristiques trouvés antérieurement par P. Lacombe et L. Beaujard [4]. Il est important de remarquer que dans le cas de l'aluminium $99,999_5$, l'attaque est beaucoup plus lente, mais elle donne des résultats analogues (*fig.* 4). La polygonisation apparaît encore, dans ces dernières expériences, comme l'état final le plus stable.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Chromatographie de partage sur papier de sels halogénés.* Note de Mlle Yvette Servigne, présentée par M. Louis Hackspill.

On étudie la séparation, l'identification et le dosage, par chromatographie ascendante, à une dimension des chlorates-bromates-iodates, iodates-periodates et chlorites-chlorates en indiquant les valeurs de R_F et les limites de dilution correspondantes.

Nous avons entrepris une étude générale d'analyse microchimique des sels halogénés et voulons dans cette Note, donner nos premiers résultats obtenus, par chromatographie ascendante sur papier, à une dimension.

1° *Mélange chlorates-bromates-iodates alcalins.* — On utilise des gouttes de 0,045 ml, le papier d'Arches 302 et, comme solvant, un mélange d'alcool isopropylique 75 ml + eau 25 ml. La durée d'ascension est 16 h. Le titre des liqueurs utilisées pour faire les mélanges étudiés a été obtenu, pour le chlorate, en dosant sous forme de chlorure d'argent, après réduction par

(4) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 414.

le formaldéhyde à 80-90°, en milieu nitrate d'argent + acide nitrique de densité 1.2, pour le bromate et l'iodate de potassium, par iodométrie. Chaque solution-mère renferme environ 0,6 % de substance. Les taches sont révélées par vaporisage avec un appareil entièrement construit en verre, d'abord, d'une solution de diphénylamine dans l'acide phosphorique concentré, ce qui fait apparaître celle des bromates et iodates en bleu vert, puis, avec une solution de la même base dans l'acide chlorhydrique concentré, ce qui donne une teinte bleu indigo pour les chlorates.

Le résultat de l'expérience est constant : les chlorates montent le plus haut dans le papier, suivis, dans l'ordre, des bromates et des iodates. Vers 91 μg de substance par goutte, les taches sont ovales mais à contour très net; vers 22 μg, elles apparaissent parfaitement circulaires. Les taches cessent d'être visibles entre 3,0 et 3,6 μg, ce qui correspond à une limite de dilution de pD = 4,2. La limite supérieure est plus difficile à déterminer; en solution saturée, les iodates n'évoluent pas; les chlorates et bromates donnent de longues traînées. Il faut diluer ces solutions saturées 10 fois avec l'eau pour supprimer les traînées et obtenir des taches sinon circulaires, du moins ramassées.

Les mesures de R_F déterminées avec les conditions données plus haut s'établissent ainsi : $K\,ClO_3$: 0,68; $K\,BrO_3$: 0,47-0,49; $K\,IO_3$: 0,20 à 0,21 par moyenne de six mesures.

Lorsque les trois sels sont mélangés, on peut encore déceler 3,5 μg de l'un d'eux en présence de 91 μg des deux autres.

Dans la plupart de nos essais, l'iodate isolé donne deux taches voisines, d'inégale intensité, distinctes, l'une correspondant à R_F : 0,28, l'autre à 0,21; lorsque l'iodate est mélangé avec les deux autres sels, les deux taches fusionnent, avec R_F : 0,23; la tache supérieure a été attribuée à la présence d'une trace de periodate.

Pour les expériences suivantes, nous avons dû faire le contrôle des produits de départ par spectrographie d'absorption infrarouge et utiliser notamment les fréquences propres entre 6 et 15 μ des groupements IO_4, IO_6H_3 et ClO_3.

2° *Étude des periodates et des mélanges periodates-iodates.* — En faisant des essais avec le periodate $K\,IO_4$, la révélation avec le réactif ci-dessus a montré que l'on obtenait deux taches avec les mêmes valeurs de R_F, soit 0,28 et 0,21 comme pour les iodates, même quand le produit de départ ne contient pas d'iodate. Il faut sans doute expliquer le fait par une réduction partielle du periodate au contact de la cellulose du papier. Les perchlorates ne subissent pas une semblable réduction. Le paraperiodate de formule $Na_2H_3IO_6$ fournit, de son côté une seule tache avec $R_F = 0,28$.

Il résulte de ces faits que la chromatographie sur papier ne donne pas de conclusion nette lorsqu'il s'agit de rechercher et de doser les periodates à côté des iodates.

3° *Mélange chlorite, chlorate, hypochlorite, chlorure de sodium.* — Les hauteurs d'ascension sont inverses des poids moléculaires des sels. Le chlorate, ajouté intentionnellement ou celui qui provient normalement de la dismutation du chlorite, donne toujours la tache supérieure avec R_F allant de 0,63 à 0,68 (résultats identiques avec le papier Whatman n° 1). Plus bas, nous trouvons une ou deux taches souvent sécantes, développées par le mélange iodure de potassium-amidon, pour les valeurs de R_F allant de 0,50 à 0,55; elles sont dues au chlorite et à l'hypochlorite. La chromatographie à une dimension ne permet pas de les séparer. Plus bas encore et pour R_F : 0,46, on décèle nettement la tache due au chlorure de sodium, soit ajouté, soit formé par décomposition du chlorite ou de l'hypochlorite. Cette tache a été révélée en vaporisant sur le papier une solution de nitrate d'argent à 1 % qui donne naturellement un cercle blanc peu visible de chlorure d'argent. En vaporisant ensuite le papier avec une solution de chromate de potassium à 1 %, la tache de chlorure d'argent se détache nettement en blanc sur fond rouge brique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les caractères physicochimiques des carbonitrures de fer.* Note (*) de MM. **Raymond Bridelle** et **André Michel**, présentée par M. Albert Portevin.

Les carbonitrures de fer ont déjà fait l'objet d'un certain nombre de recherches. Jack [1] a étudié la structure de quelques-unes de ces phases tandis que Pomey et ses collaborateurs [2] à [6] ont montré l'influence de la carbonitruration sur les propriétés mécaniques des aciers.

Nous avons préparé et étudié les phases carbonitrurées qui dérivent de tous les nitrures et carbures de fer connus jusqu'à présent, sauf les dérivés du carbure hexagonal Fe_2C [7] et [8].

(*) Séance du 12 juillet 1954.

(1) *Proc. Roy. Soc.*, série A, 195, 1948, p. 34 et 55.

(2) Pomey, Goutel, Moulin et Coudray, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2196.

(3) Pomey, Goutel, Verugen et Le Roux, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 148.

(4) Pomey, Goutel et Coudray, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2298.

(5) Pomey, Coudray et Moulin, *Rev. Métall.*, 48, 1951, p. 552.

(6) Pomey, *Rev. Métall.*, 47, 1950, p. 637 et 727.

(7) Pichler et Merkel, *Bureau of Mines. Technical Paper*, 718.

(8) Hofer, Cohn et Peebles, *J. Amer. Soc.*, 71, I, 1949, p. 189.

1° Les carbonitrures ε dérivent de Fe_3N par substitution partielle de l'azote par le carbone, le rapport [C] + [N]/[Fe] pouvant varier d'une façon continue de 1/3 à 1/2. Ils sont préparés par action de l'ammoniac à 450-500° sur la cémentite ou le carbure de Hägg et sont caractérisés par un assemblage hexagonal des atomes de fer; les paramètres varient dans de larges mesures : a de 2,693 à 2,762 Å et c de 4,370 à 4,414 Å. Ces phases sont ferromagnétiques et leur point de Curie se situe entre — 90 et 388°. Stables jusqu'à 450°, elles évoluent entre 450 et 600° en libérant progressivement de l'azote puis se détruisent au delà de 600° en donnant de la cémentite, une phase carbonitrurée γ' et du fer α.

2° Les carbonitrures γ' dérivent de Fe_4N par substitution de l'azote par le carbone et le rapport ([C]+[N]/[Fe]) est voisin de 1/4; ils se forment lors de la destruction des phases carbonitrurées hexagonales et sont caractérisés par un arrangement cubique à faces centrées des atomes de fer, leur paramètre variant de 3,787 à 3,790 Å. Ferromagnétiques, ils présentent un point de Curie variant entre 470 et 492°. Ces phases évoluent par chauffage, vers 600° en donnant du fer α avec mise en liberté d'azote et rejet de cémentite.

3° Les carbonitrures ζ dérivent de Fe_2N dont ils présentent l'arrangement orthorhombique à bases centrées : le rapport ([C] + [N])/[Fe] est égal à 1/2. Ils sont obtenus par carburation à 450° par CO des phases nitrurées hexagonales à la limite d'insertion (proche de Fe_2N). Les paramètres limites observés sont $a_1 = 2,757$ Å, $b_1 = 4,825$ Å, $c_1 = 4,405$ Å et $a_2 = 2,746$, Å, $b_2 = 4,842$ Å et $c_2 = 4,370$ Å. Ces phases sont ferromagnétiques à température ambiante et leur point de Curie se situe entre 288 et 350°. Leur évolution thermique conduit au carbure de Hägg.

4° Les carbonitrures dérivant du carbure de Hägg présentent la structure orthorhombique de ce carbure et s'obtiennent par carbonitruration à 550° de fer ou de l'un de ses oxydes. Le point de Curie (250-266°) est abaissé par la substitution partielle du carbone par l'azote. Ces phases sont plus stables que le carbure de Hägg; en effet, elles n'évoluent que vers 650° en donnant des cémentites elles-mêmes stabilisées.

5° Les carbonitrures dérivant de la cémentite ont même structure que la cémentite pure et se forment lors de la carburation par CO des nitrures de fer à 550-600°; leur point de Curie compris entre 203 et 227° se situe soit au delà soit en deçà de la zone où se trouve celui de la cémentite pure. Beaucoup plus stables que la cémentite pure, ces phases n'évoluent par chauffage qu'à des températures de l'ordre de 850-900°.

Ces différentes phases carbonitrurées doivent se former lors de la carbonitruration des aciers.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur l'hydroréactivité des cokes.* Note (*) de MM. **Henri Guérin** et **Michel Moutach**, présentée par M. Paul Lebeau.

Mise au point d'un essai d'hydroréactivité dans lequel un courant de vapeur de débit régulier et continu est obtenu par passage de celle-ci à travers un capillaire aux extrémités duquel règnent des pressions constantes. Les courbes de la vitesse spécifique de gazéification de divers cokes, en fonction de leur degré d'usure confirment l'importance des variations que peuvent subir les réactivités des cokes au fur et à mesure de leur gazéification et la nécessité d'abandonner les déterminations de réactivités initiales, comme critère de comparaison des réactivités.

Désirant déterminer l'hydroréactivité de divers cokes par passage d'un courant de vapeur sur un échantillon maintenu à une certaine température et analyse des gaz résultants, nous avons pensé réaliser le débit constant de vapeur d'eau qui était nécessaire en utilisant l'appareil décrit précédemment dans un but comparable à propos de la sulforéactivité ([1]). Une série d'essais à blanc nous a effectivement démontré que, par un réglage convenable des températues du four de vaporisation (F_1) et du four laboratoire (F_2), de la pression d'azote au-dessus de l'eau contenue dans le ballon réservoir (R) et du débit d'azote qui entraîne la vapeur, on obtenait très facilement des débits de vapeur de 0,2 à 20 g/h dont les variations étaient inférieures à 2 %.

Cette méthode, basée sur l'écoulement de vapeur d'eau à travers un capillaire aux extrémités duquel règnent des pressions constantes, s'avère donc suffisamment précise et paraît plus simple et plus souple que la plupart des autres procédés proposés jusqu'ici dans le même but.

Des essais préliminaires, confirmant les résultats de nos recherches sur la carboxyréactivité ([2]), nous ayant démontré la nécessité de suivre la variation de l'hydroréactivité en fonction du degré d'usure du coke, nous avons choisi les conditions opératoires de nos essais de telle sorte que, d'une part, les analyses des gaz puissent être opérées avec une précision suffisante *durant toute la durée de l'essai* et notamment à la fin de celui-ci alors que les teneurs des gaz résultants de la réaction diminuent considérablement et que, d'autre part, les erreurs inhérentes aux effets de diffusion soient minima. En voici l'essentiel : Un mélange homogène d'azote (13,2 l/h) et de vapeur d'eau (5 g/*h*) passant sur 10 cm³ de coke (environ 6 g) granulé 20-40 et maintenu à 1 000°, on prélève à intervalles réguliers, pour analyses, un échantillon des gaz sortants, préalablement privé d'eau par passage sur une colonne de ponce phosphorique tandis que le volume total de gaz est mesuré à l'aide d'un compteur.

(*) Séance du 12 juillet 1954.

([1]) H. Guérin et J. Adam-Gironne, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1241.

([2]) H. Guérin et L. Hosti, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1400.

Étant donné qu'à la réaction



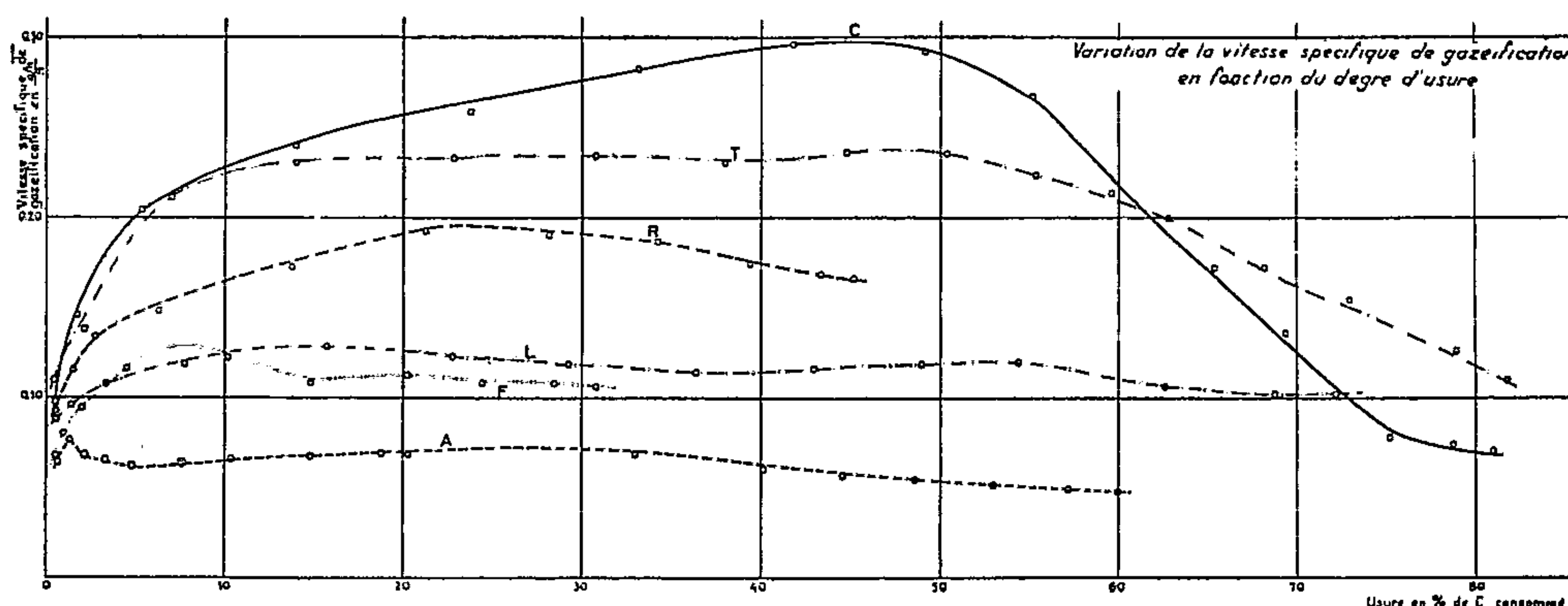
$$(I) \qquad C + OH_2 = CO + H_2$$

à laquelle donne essentiellement lieu l'action de la vapeur d'eau sur le coke se superposent diverses réactions secondaires : réaction du gaz à l'eau



$$(II) \qquad CO + OH_2 \rightleftharpoons CO_2 + H_2$$

que catalyserait le combustible, formation de méthane, dont nous avons effectivement constaté la présence, etc, il est plus délicat de définir l'hydroréactivité que la carboxyréactivité. Sans insister sur cette question, liée au mécanisme de cette réaction, que nous nous proposons d'étudier par ailleurs, nous avons voulu déduire de nos déterminations deux grandeurs susceptibles, à notre avis, de rendre compte de l'aptitude réactionnelle des cokes vis-à-vis de la vapeur d'eau : d'une part, la vitesse de gazéification exprimée en grammes de carbone gazéifié par heure dans les conditions opératoires choisies, d'autre part, le pourcentage d'eau décomposée à chaque instant. L'essai étant poursuivi jusqu'à une usure très poussée du coke, il apparaissait toutefois plus logique de considérer non pas les grandeurs précédentes correspondant à l'ensemble de la prise d'essai, dont nous faisions volontairement varier le poids, mais celles relatives à 1 g du coke, c'est-à-dire la *vitesse spécifique de gazéification* et le *taux spécifique de décomposition de vapeur*. L'examen des six cokes dont nous connaissions les caractéristiques essentielles, nous a montré que des courbes de la variation, en fonction du degré d'usure, de la vitesse spécifique de gazéification reproduites sur la figure 1 et celles du taux spécifique de décomposition



de vapeur avaient des allures comparables. Ceci laisserait supposer que, dans les conditions du présent essai, la réaction (II) interviendrait peu, et que contrairement à ce que l'on admet généralement l'anhydride carbonique présent dans les gaz serait dû à l'action directe de la vapeur sur le coke.

L'examen de ces courbes permet de tirer les conclusions suivantes :

1° Les divers cokes examinés peuvent être caractérisés par une vitesse de gazéification qui demeure à peu près constante (sauf pour le coke C) dans un très large domaine de degrés d'usure (entre 10 et 60 %) et qui varie notablement d'un coke à l'autre.

2° L'ampleur de la variation que subit généralement cette grandeur durant la première période de l'essai, est en relation avec les modifications de surface interne (étendue et nature) qu'entraîne la gazéification ([3]). Elle confirme ([4]) la nécessité d'abandonner les déterminations de réactivités initiales comme critère de comparaison des réactivités des cokes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de quelques dérivés de l'hexahydrobenzothiazolidine à partir de la cyclohexénimine*-1.2. Note (*) de MM. **Max Mousseron, François Winternitz** et **René Dennilauler**, transmise par M. Marcel Delépine.

La cyclohexénimine-1.2 conduit par différentes réactions comme son analogue l'éthylénimine, à des dérivés hétérocycliques encore inconnus. Le mécanisme de ces réactions et l'identification des différents produits ont été étudiés.

L'amino-2 cyclohexanethiol *trans* (II) s'obtient avec un très bon rendement à partir de la cyclohexénimine-1.2 (I) par action de l'acide sulfhydrique à froid et en milieu très dilué ([1]). L'impossibilité de condensation de ce produit avec les aldéhydes démontre sa configuration *trans* ([2]). En faisant réagir le sulfure de carbone sur (I) on obtient une mercapto-2 hexahydrobenzothiazolidine (IV) F 173-174° qui, par hydrolyse acide, conduit par coupure de l'hétérocycle au chlorhydrate de l'amino-2 cyclohexanethiol *trans* (II), chlorhydrate F 255-260°, ce qui nous a permis d'attribuer la structure *trans* à (IV). La méthylation de (IV) fournit la S-méthyl mercapto-2 hexahydrobenzothiazoline *trans* (V) $E_{0,2}$ 115-120°, qui a été réduite par l'amalgame d'aluminium ([3]) en hexahydrobenzothiazolidine *trans* (VI) F 194-196°.

En faisant réagir l'acide sulfocyanhydrique ([4]), ([5]) sur la cyclohexénimine-1.2

([3]) E. Gulbransen et K. F. Andrew, *Ind. Eng. Chem.*, 44, 1952, p. 1039; H. Guérin, J. Adam-Gironne et L. Hosti, *Congrès de l'A. T. G.*, 1953, p. 972; R. Egalon, J. Hoebeck et F. Jarcsek, *Mémoires de la Soc. des Ing. civils des Mines*, 106, 1953, p. 249-290; L. J. Jolley et A. Poll, *J. Inst. Fuel*, juillet 1953, p. 1-12; M. Letort et R. Magrone, *Chem. Eng. Sc.*, 2, 1953, p. 233-239; E. Wicke et coll., *Z. Elektrochem.*, 57, 1953, p. 636-645.

([4]) H. Guérin et L. Hosti, *loc. cit.*

(*) Séance du 12 juillet 1954.

([1]) H. Bestian, *Lieb. Chim. Ann.*, 564, 1949, p, 210.

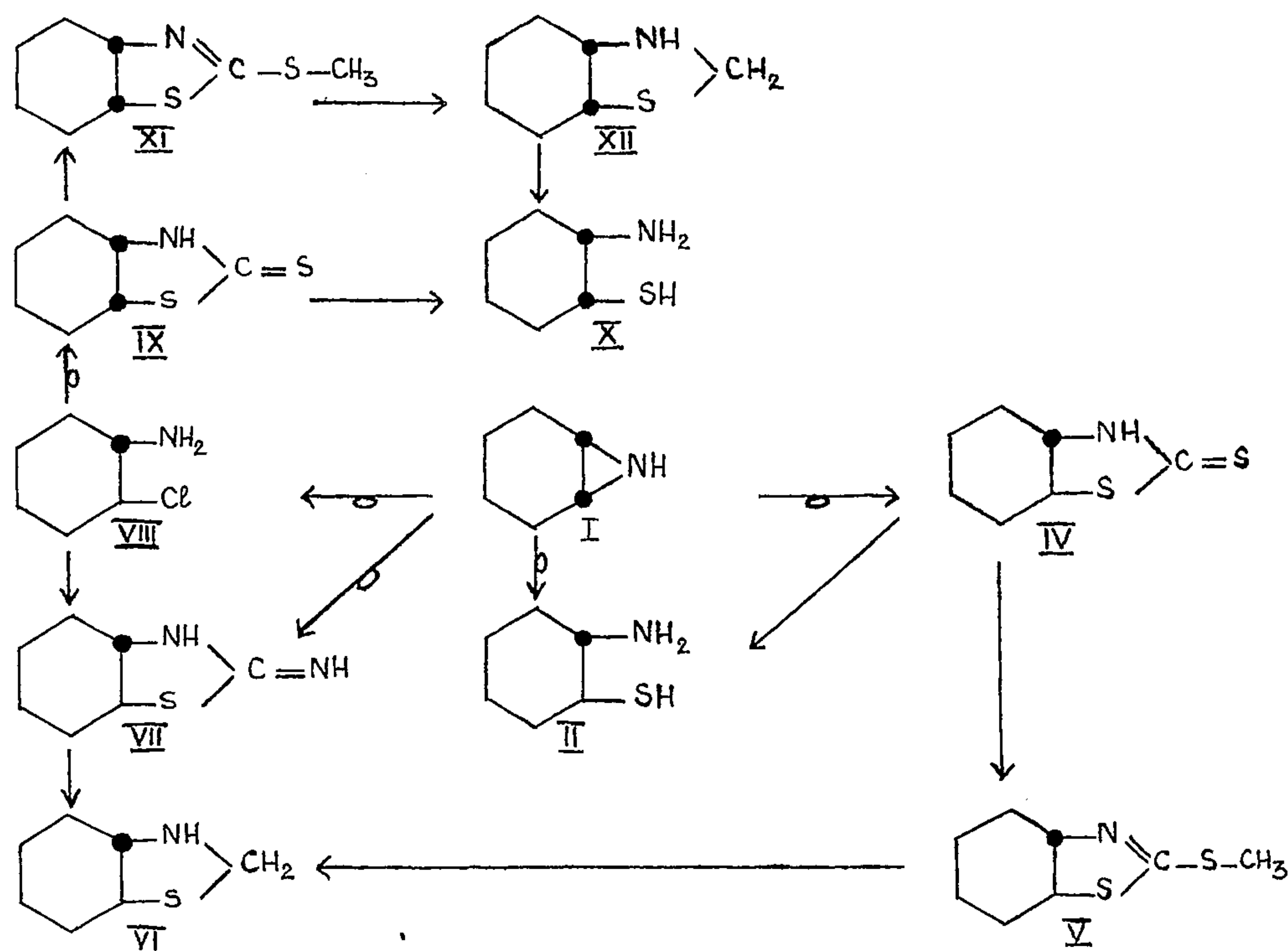
([2]) *Chemistry of penicilline*, Princeton University-Press, 1949, p. 957.

([3]) S. Gabriel et R. Stelzner, *Ber. d. Chem. Gesells.*, 28, 1895, p. 2929.

([4]) S. Gabriel et H. Ohle, *Ber. d. Chem. Gesells.*, 50, 1917, p. 804.

([5]) S. Gabriel et J. Colman, *Ber. d. Chem. Gesells.*, 47, 1914, p. 1872.

on aboutit à l'imino-2 hexahydrobenzothiazolidine *trans* (VII), chlorhydrate F 231-233°, que nous avons aussi pu préparer par traitement de la chloro-2 cyclohexylamine *trans* (VIII) par le sulfocyanure de potassium ([6]). Par réduction à l'amalgame d'aluminium, (VII) se transforme en hexahydrobenzothiazolidine *trans* (VI).



Par contre, en faisant réagir le xanthogénate de sodium sur la chloro-2 cyclohexylamine *trans* (VIII), il se forme une mercapto-2 hexahydrobenzothiazolidine (IX) dont le point de fusion F 102-103° est différent de celui du produit *trans*. La configuration stéréochimique de (IX) devrait donc être *cis*.

Par méthylation de ce produit nous avons obtenu une S-méthyl mercapto-2 hexahydrobenzothiazoline *cis* (XI) dont la réduction par l'amalgame d'aluminium donne une hexahydrobenzothiazolidine (XII) F 200-202°.

Enfin nous avons pu préparer l'amino-2 cyclohexanethiol *cis* (X) chlorhydrate F 212-215°, par hydrolyse acide de la mercapto-2 hexahydrobenzothiazolidine *cis* (IX) ou encore par traitement au chlorure mercurique ([7]) de l'hexahydrobenzothiazolidine *cis* (XII).

Ainsi l'action du xanthogénate de sodium sur la chloro-2 cyclohexylamine

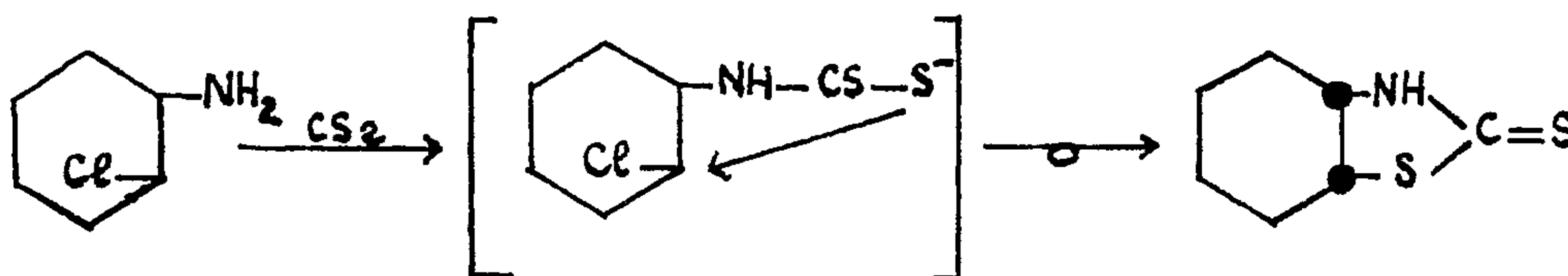
([6]) Ph. Hirsch, *Ber. D. Chem. Gesells.*, 23, 1890, p. 964.

([7]) A. Cook, G. Hunter et J. Pollock, *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 1892.

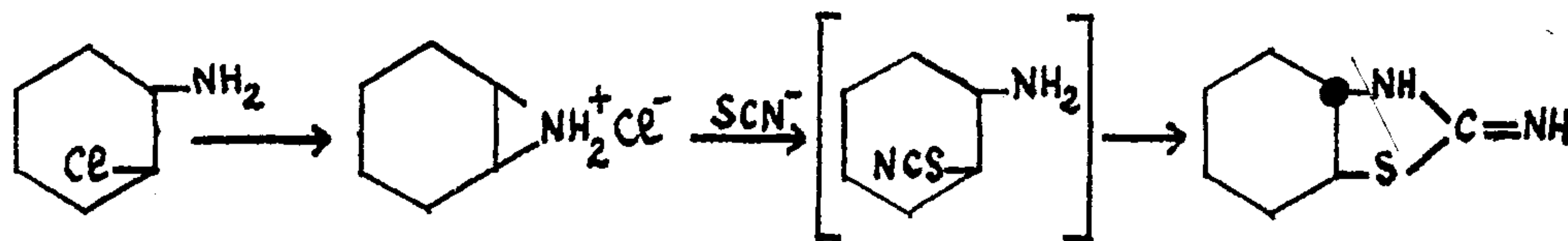
trans produit une mercapto-2 hexahydrobenzothiazolidine *cis* par inversion de Walden alors que le sulfocyanure de potassium ne donne lieu à aucune inversion avec cette même chloramine.

En effet lorsque le sulfure de carbone réagit sur l'épamine il y a ouverture en *trans* de l'hétérocycle et fermeture, donnant la mercapto-2 hexahydrobenzothiazolidine *trans* (IV).

Dans le cas de la chloro-2 cyclohexylamine *trans*, il faut admettre que le xanthogénate de sodium réagit d'abord sur la fonction amine pour donner un dithiocarbamate qui, par une réaction Sn_2, se cyclise en mercapto-2 hexahydrobenzothiazolidine *cis* :



Ce type de réaction ne peut se produire dans le cas du sulfocyanure de potassium, car l'ion sulfocyanique ouvre le pont épamine du chlorhydrate de la cyclohexénimine intermédiaire pour donner une thiocyano-2 cyclohexylamine *trans* qui, en se cyclisant, produit une imino-2 hexahydrobenzothiazolidine *trans*.



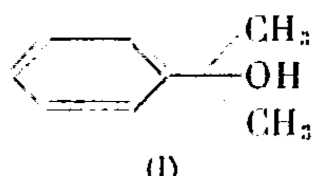
CHIMIE ORGANIQUE. — *Applications du diméthylphénylcarbinol en synthèse organique*. Note (*) de M. **Marc Julia**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les dérivés potassé et sodé du diméthylphénylcarbinol se montrent de bons agents de synthèse pour la préparation d'oléfines et l'alcoylation des cétones.

Le diméthylphénylcarbinol (I) est devenu un produit très courant depuis qu'on l'obtient comme sous-produit de la fabrication du phénol par l'hydroperoxyde de cumène. La structure de ce carbinol et surtout sa parenté avec l'alcool *t*-butylique devrait le rendre capable des mêmes réactions que ce dernier dont on connaît les nombreux usages. D'autre part son dérivé sodé pouvait être plus soluble dans les solvants organiques; enfin son point d'ébul-

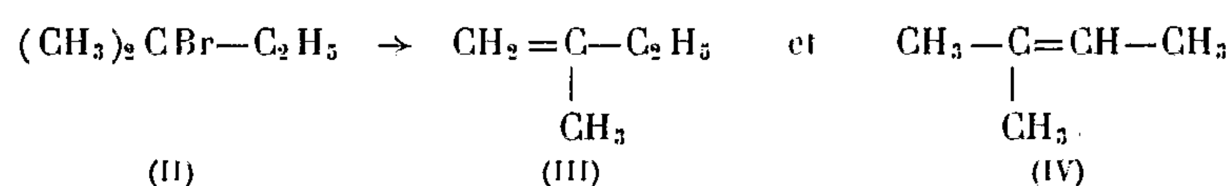
(*) Séance du 12 juillet 1954.

lition très différent permettrait dans certains cas une séparation plus facile des produits de la réaction



Nous avons étudié deux réactions :

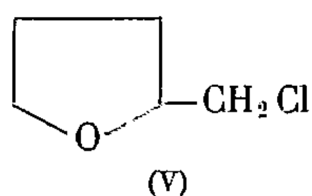
1° *Passage de dérivés halogénés aux carbures éthyléniques.* — H. C. Brown et I. Moritani [1] ont récemment étudié l'action de divers alcoolates de potassium d'empêchements stériques croissants sur le bromure de *t*-amyle (II). Ils travaillaient dans un excès de l'alcool en question. La proportion de (III) dans le mélange d'oléfines obtenu était déterminée par la mesure de l'indice de réfraction. Elle est d'autant plus grande que l'alcool utilisé a un empêchement stérique plus grand (alcools : éthylique, 29 % ; *t*-butylique, 72 % ; *t*-amylique, 78 %).

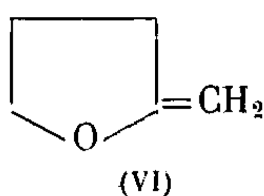


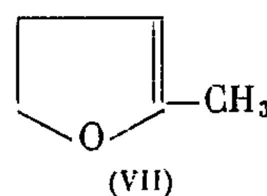
Dans les mêmes conditions que ces auteurs nous avons obtenu 71 % d'oléfine-1 avec le *t*-butylate de potassium et 64 % avec le diméthylbenzylate.. Avec le chlorure de *t*-amyle, les deux alcoolates de potassium nous ont donné 56 % d'oléfine-1. Dans tous les cas le rendement total en oléfines était compris entre 89 et 95 %. Dans ce type de réactions le diméthylphénylcarbinol se comporte donc à peu près comme le *t*-butanol.

R. Paul et S. Tchelitcheff [2] ont obtenu le méthényl-2 tétrahydrofuranne (VI) [facilement isomérisable en dihydro-4.5 sylvanne (VII)] par action du *t*-butylate de potassium sur le chlorure de tétrahydrofurfuryle; le composé obtenu ne se sépare pas facilement de l'alcool *t*-butylique de point d'ébullition voisin.

En opérant avec le dérivé potassé du diméthyphénylcarbinol on distille directement du mélange réactionnel 86 % de produit brut qui donne par rectification 72 % de dihydrosylvanne : É 81-83°, n_D^{22} 1,4330. Paul et Tchelitcheff [2] indiquent : É 82-83°, $n_D^{18,5}$ 1,4328.







---

(1) *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 4112.

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. 520.

2° *Alcoylation des cétones.* — Vavon et Conia ([3]) puis Conia ([4a]) et ([4b]) ont montré l'intérêt de l'amylate tertiaire de sodium comme agent de condensation. En effet, cet alcoolate est très soluble dans le toluène, ce qui permet d'opérer en solution homogène et de l'ajouter au mélange de cétone et d'alcoylant, évitant ainsi l'action néfaste des agents alcalins sur les cétones sensibles.

Nous avons obtenu très facilement le diméthylbenzylate de sodium par ébullition d'une solution toluénique du carbinol en présence de sodium en fil comme on fait pour le *t*-amylate. Le diméthyl benzylate de sodium est soluble dans le toluène et nous avons effectué comparativement quelques alcoylations avec les deux agents. Les résultats obtenus ont été tout à fait voisins :

Réaction.	*t*-amylate.	Diméthyl-benzylate.
Monoéthylation de la cyclohexanone par le sulfate d'éthyle	33,5 ([4a])	32
Monochlorocrotylation de la cyclohexanone	66 ([5])	58
Monochlorocrotylation de l'isophorone	66 ([5])	68

CHIMIE ORGANIQUE. — *La substitution de l'aluminium au magnésium dans la réaction de Grignard.* Note de MM. **Charles Prévost** et **Marcel Gaudemar**, présentée par M. Charles Dufraisse.

L'aluminium remplace avantageusement le magnésium dans la production et l'utilisation en synthèse de dérivés métalliques α-éthyléniques, α-acétyléniques ou α-phénylés; jusqu'ici cette substitution n'a pu être étendue qu'à un exemple dans le domaine des dérivés métalliques saturés, et elle ne s'est pas montrée avantageuse.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons signalé la possibilité de transformer presque intégralement en organomagnésiens correspondants le bromure de propargyle et quelques-uns de ses homologues; cette transformation est *a priori* surprenante, car le bromure de propargyle agit sur les magnésiens saturés ou phényliques beaucoup plus vite que le bromure d'allyle, et ce dernier, dans les conditions ordinaires de Grignard, voit sa transformation en bromure d'allyl-magnésium fortement concurencée par une réaction de Wurtz. Il faut donc admettre que le bromure de propargyle, si actif vis-à-vis des magnésiens étrangers, est à peu près inerte vis-à-vis du bromure de propargyl-magnésium.

Malheureusement cette inertie ne semble pas se maintenir pour les homologues secondaires R—C≡C—CHBr—R′ dont les organomagnésiens

([3]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 157 et 245.

([4]) *Bull. Soc. Chim.*, *a.* 1950, p. 533; *b.* 1954, p. 690.

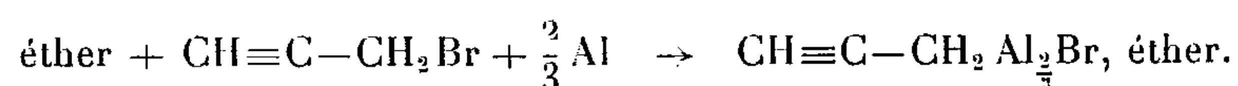
([5]) S. Julia, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 780.

([1]) Ch. Prévost, M. Gaudemar et J. Honigberg, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1186.

sont obtenus avec de faibles rendements à côté d'une duplication prépondérante.

Nous avons songé à remplacer le magnésium par d'autres métaux, afin d'atténuer cet inconvénient, mais, dans cette recherche, nos expériences ont été conduites avec le bromure de propargyle lui-même, plus accessible. Après divers échecs, nous nous sommes adressés à l'aluminium (tournures du commerce).

En solution dans l'éther anhydre, et en présence d'une trace de chlorure mercurique, l'attaque de l'aluminium est identique à celle du magnésium, et suit le schéma :



$$\text{éther} + CH{\equiv}C{-}CH_2Br + \frac{2}{3}Al \rightarrow CH{\equiv}C{-}CH_2\,Al_{\frac{2}{3}}Br, \text{ éther.}$$

La formule schématique $RAl_{2/3}Br$ correspondant vraisemblablement au mélange en équilibre des quatre corps R_3Al, R_2AlBr, $RAlBr_2$, $AlBr_3$, tous solvatés.

Ce réactif est utilisé comme le réactif de Grignard, c'est-à-dire sous forme de solvate éthéré; il réagit molécule à molécule avec les aldéhydes et les cétones pour engendrer les alcools acétyléniques



$$CH{\equiv}C{-}CH_2{-}CHOH{-}R, \quad CH{\equiv}C{-}CH_2{-}C(OH)(R)(R'),$$

avec des rendements au moins aussi élevés que dans l'emploi du magnésium; l'acroléine lui-même donne un résultat satisfaisant; comme la réaction exige moins d'éther, et emploie un métal moins coûteux, elle est plus avantageuse que celle de Grignard.

Nous avons cherché à généraliser.

Le bromure d'allyle agit un peu plus difficilement que le bromure de propargyle sur l'aluminium, l'attaque étant favorisée par une trace de bromure de propargyle; le bromure de benzyle agit plus facilement que le bromure de propargyle.

Le réactif allylique se condense aux aldéhydes et aux cétones avec d'exellents rendements. Le réactif benzylique est plus paresseux; toutefois son hydrolyse engendre le toluène. Dans les deux cas la réaction de duplication est minime, même à chaud et en solution concentrée, alors qu'elle est prépondérante dans l'emploi du magnésium; la substitution de l'aluminium au magnésium améliore la synthèse des alcoylallylcarbinols.

Par contre les éthers bromhydriques saturés n'attaquent que difficilement l'aluminium au sein de l'éther, et rarement dans le sens de la formation d'un dérivé aluminique utilisable en synthèse.

On savait [2] que le bromure d'allyle dissout l'aluminium à froid et

---

([2]) Grignard, Russel et Jenkins, *Bull. Soc. Chim.*, 37, 1925, p. 1376.

sans solvant, en présence d'une trace de chlorure d'aluminium, pour engendrer un mélange d'aluminiques mixtes. Cette attaque est stoppée par une trace d'éther. Toutefois l'aluminique formé sans solvant se solvate énergiquement par l'éther. Le réactif obtenu semble polymériser les aldéhydes et cétones aliphatiques [ainsi que l'avait observé Grignard (2)], mais il se condense régulièrement à l'aldéhyde benzoïque, conduisant à un peu d'éthylphénylcarbinol, et à son produit de déshydratation, le propénylbenzène, à côté de nombreuses impuretés de nature indéterminée jusqu'ici.

De ces recherches préliminaires, il résulte que certains aluminiques tout au moins se comportent comme les magnésiens, et peuvent leur être substitués avantageusement en synthèse. Nos recherches se poursuivent pour déterminer le domaine d'extension de cette substitution.

Résultat fort curieux, l'hydrolyse du produit de condensation des aluminiques allylique ou propargylique avec les aldéhydes ou les cétones conduit à deux phases homogènes; il en résulte qu'il existerait un complexe $Al_2(OH)_3Br_3$ parfaitement soluble dans l'eau, ce qui n'avait pas été signalé à notre connaissance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques phényluréthanes de diaminoalcools.* Note (*) de MM. **Robert Rothstein**, **Pierre Gley**, **Pierre de Boislambert**, **Kurt Binovic**, Mmes **Odile Stoven** et **Jacqueline Delor**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

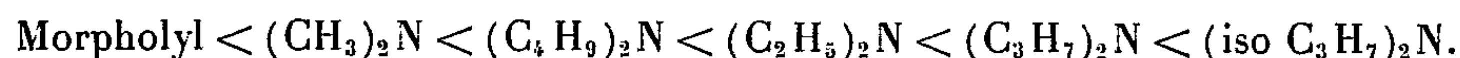
Les phényluréthanes étudiées au cours du présent travail, douées de fort pouvoir anesthésique, sont cependant difficilement utilisables à cause de leur action irritante.

Les phényluréthanes des tétraéthyldiamino-1.3- et de dipipéridino-1.3-propanol-2 ont été décrites comme de puissants anesthésiques locaux (1). La présente étude apporte quelques données nouvelles concernant cette famille chimique.

Les amino-alcools, préparés en chauffant 3 à 4 heures à reflux les dialcoyl amino-3 époxy-1.2 propane (1 mol) avec les amines secondaires (1,15 mol) dissous dans deux volumes d'alcool absolu, ont été séparés par la distillation fractionnée du mélange réactionnel (Rdt 88 à 95 %). Transformés en phényluréthanes, celles-ci ont été purifiées par la recristallisation des dichlorhydrates.

Les toxicités générales déterminées par voie intraveineuse sur la Souris, montrent le rapport existant entre la toxicité et la nature des radicaux substitués à l'azote :

$$\text{Morpholyl} < (CH_3)_2N < (C_4H_9)_2N < (C_2H_5)_2N < (C_3H_7)_2N < (\text{iso } C_3H_7)_2N.$$



(*) Séance du 12 juillet 1954.

(1) Y. T. Huang, M. CH. Lu et I. Chang, *Brit. J. Pharmacol.*, 1, 1946, p. 273.



X—CH_2—CHOH—CH_2—Y.

X.	Y	Éb. (t/mmHg) (°C).	n_D^{18}.	d_4^{18}.	R. M. Trouvé.	R. M. Calculé.	Picrate F (°C).	Phényluréthane 2 H Cl. F (°C).	Phényluréthane 2 H Cl. DL 50 (mg/k).	Phényluréthane 2 H Cl. δ (*) (g/l).
$(CH_3)^2N$ (²)	$(CH_3)^2N$.......	80_{15}	1,4439	0,8846	43,83	43,93	186	208	106	–
$(CH_3)^2N$	$(C_2H_5)^2N$......	90_{19}	1,4461	0,8748	53,05	53,17	175	185	60	1
$(CH_3)^2N$	$(nC_3H_7)^2N$.....	102_6	1,4470	0,8667	62,27	62,40	143	162	20	2
$(CH_3)^2N$	$(nC_4H_9)^2N$.....	138_{15}	1,4500	0,8651	71,45	71,64	137	113	30	1
$(CH_3)^2N$	$(CH_2)_5N$—..	130_{25}	1,4727	0,9384	55,57	55,58	141	207	60	2
$(CH_3)^2N$	$O(CH_2CH_2)_2N$—..	139_{22}	1,4745	1,0070	52,53	52,61	182	200	168	–
$(C_2H_5)^2N$ (³)	$(C_2H_5)^2N$......	123_{24}	1,4464	0,8660	62,25	62,40	163	210	26	5
$(C_2H_5)^2N$	$(nC_3H_7)^2N$.....	145_{20}	1,4455	0,8641	71,46	71,46	141	163	15	2
$(C_2H_5)^2N$	$(nC_4H_9)^2N$.....	151_{14}	1,4514	0,8615	80,70	80,87	143	120	30	1
$(C_2H_5)^2N$	$(CH_2)_5N$—..	140_{25}	1,4714	0,9262	64,64	64,82	119	205	15	3
$(C_2H_5)^2N$	$O(CH_2CH_2)_2N$—..	145_{18}	1,4719	0,9804	61,68	61,84	168	209	75	–
$(nC_3H_7)^2N$ (⁴)	$(nC_3H_7)^2N$.....	155_{24}	1,4512	0,8640	80,45	80,87	163	117	15	2
$(nC_3H_7)^2N$	$(nC_4H_9)^2N$.....	140_6	1,4519	0,8584	89,87	90,11	146	113	25	2
$(nC_3H_7)^2N$	$(CH_2)_5N$—..	122_4	1,4689	0,9092	74,11	74,06	136	183	7,5	3
$(nC_3H_7)^2N$	$O(CH_2CH_2)_2N$—..	166_{15}	1,4699	0,9566	71,15	71,08	165	215	15	–
$(iso\ C_3H_7)^2N$	$(iso\ C_3H_7)^2N$....	118_4	1,4710	0,9175	73,87	74,06	172	208	7,5	1
$(nC_4H_9)^2N$ (⁴)	$(nC_4H_9)^2N$.....	140_4	1,4540	0,8562	99,32	99,54	142	107	30	–
$(nC_4H_9)^2N$	$(CH_2)_5N$....	139_4	1,4689	0,9031	83,24	83,29	138	175	15	3
$(nC_4H_9)^2N$	$O(CH_2CH_2)_2N$....	198_{24}	1,4698	0,9610	80,19	80,32	182	176	26	–
$(CH_2)_5N$ (⁵)	$(CH_2)_5N$....	166_{20}	1,4900	0,9720	67,21	67,23	189	242	7,5	0,5
$(CH_2)_5N$	$O(CH_2CH_2)_2N$....	177_{18}	1,4941	1,0324	64,30	64,26	181	240	40	–
$O(CH_2CH_2)_2N$	$O(CH_2CH_2)_2N$....	145_3	1,4965	1,0983	61,22	61,29	172	225	300	–

(*) δ = dilution seuil, exprimé en grammes par litre, pour laquelle l'anesthésie de la cornée du lapin est perceptible.

(²) L. Berend, B. 17, 1884, p. 510; Gorini, *Gaz. Chim. Ital.*, 63, 1933, p. 751; G. M. Gibson, I. Harley, Masson, A. Litherland, F. G. Mann, *J. Chem. Soc.*, 1, 1942, p. 163; K. N. Campbell, R. A. La Forge, B. N. Campbell, *J. Org. Chem.*, 14, 1943, p. 346.

(³) L. Berend (*loc. cit.*), M. Reboul, *Comptes rendus*, 97, 1883, p. 1488; G. Aurisicchio, *Ind. Chim.*, 8, 1933, p. 442; C. K. Ingold et E. Rothstein, *J. Chem. Soc.*, 134, 1931, p. 1666.

(⁴) G. B. Bachman et R. L. Mayhew, *J. Org. Chem.*, 10, 1945, p. 243.

(⁵) Ladenburg, *Ber.* 14, 1881, p. 1879; André, *Comptes rendus*, 126, 1898, p. 1799; F. C. Whitmore et coll., *J. Am. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 531; Y. T. Huang (*loc. cit.*).

A l'exception de la phényluréthane du dérivé tétraméthylé et de celles contenant le groupe morpholyl, ces composés, d'abord irritants, agissent comme anesthésiques sur la cornée du Lapin aux dilutions comprises entre 0,5 et 5 ‰. Celle du dimorpholyl propanol est inactive même en solution à 1 %. Le groupe pipéridyl exalte le pouvoir anesthésique et augmente la toxicité. Par rapport à la cocaïne, en injection sous-cutanée chez le Cobaye, la phényluréthane du dipipéridinopropanol (R 114) est deux fois plus active ([1]), et celle du diméthylamino-3 pipéridino-1-propanol-2 (R 116) est deux fois moins active. L'indice thérapeutique du R 116 est cependant supérieur à celui du R 114 car la DL 50 est environ dix fois plus élevée.

Inhibiteurs de la cholinestérase, ces composés sont des hypotenseurs périphériques légers, doués de pouvoir bradycardisant. Les résultats de l'expérimentation clinique qui a porté sur les R 114 et 116 en solution à 1 et 2 ‰, dans le sérum physiologique, peuvent se résumer ainsi : 1° Anesthésie locale de contact : excellente sans effets secondaires; 2° Anesthésie locale sous-cutanée : le pouvoir irritant observé sur la cornée se manifeste par une vive sensation de brûlure, mais l'anesthésie est complète et prolongée (2 à 3 heures); 3° Anesthésie régionale : les infiltrations profondes — sympathique lombaire et stellaire — se sont révélées indolores et efficaces pendant 3 à 4 heures aux doses de 5 et 10 cm^3.

MINÉRALOGIE. — *Comportement thermique de quelques minéraux manganésifères.* Note (*) de Mlle **Simone Caillère** et M. **François Kraut**, transmise par M. Charles Mauguin.

On sait que sous l'action de la chaleur les bioxydes de manganèse naturels, polianite, ramsdellite, se transforment en MnO_2 puis en hausmannite, composés dans lesquels le manganèse est de plus en plus réduit.

Dans la nature on ne connaît que les variétés siliceuse et ferrifère de Mn_2O_3, la braunite et la bixbyite.

Ces modifications ont été étudiées par plusieurs auteurs aux points de vue thermique et cristallographique ([1]), ([2]).

Nous avons refait l'analyse thermique différentielle des deux minéraux avec un dispositif très sensible et constaté une différence de comportement. Alors que le premier accident endothermique important de la polianite se produit à 550°, celui de la ramsdellite débute à 450°. Les deux courbes montrent à 1000°

(*) Séance du 12 juillet 1954.

([1]) M. Fleicher et W. E. Richmond, *Écon. Géol.*, 38, 1943, p. 278.

([2]) St. Pavlovitch, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 71.

des crochets d'égale amplitude, correspondant à la transformation en hausmannite.

La ramsdellite subit à une température intermédiaire, 850°, un accident endothermique qui s'explique grâce à l'analyse thermopondérale.

La polianite perd 9,5 % de son poids entre 500 et 775°, la ramsdellite, dans le même intervalle, subit une perte de 11,2 %. Entre 775 et 1 000° la polianite perd 3 %, la ramsdellite 1,4 %.

Par conséquent les deux minéraux accusent des diminutions de poids sensiblement égales mais différemment réparties.

Dans le cas de la ramsdellite, la perte de poids à 775° est supérieure à la quantité d'oxygène libérée lors du passage de MnO_2 en Mn_2O_3. On est conduit à admettre qu'il se forme déjà au-dessous de cette température du Mn_3O_4.

Remarquons que l'examen aux rayons X d'une ramsdellite chauffée à 800° ne montre que les raies de Mn_2O_3 et ne met pas en évidence cette hausmannite précoce.

Ces expériences font ressortir que la stabilité thermique de la ramsdellite est moindre que celle de la polianite.

Nous avons étendu l'étude des propriétés thermiques à la coronadite qui renferme, outre le manganèse, un métal accessoire, le plomb ($2MnO_2PbO$).

La courbe thermique différentielle de la coronadite de l'Imini (Maroc) ([3]) présente une faible inflexion endothermique et deux importants crochets à 740 et 1000°.

Le diagramme thermopondéral indique une perte de poids de 1,7 % entre 500 et 700°. A 900° la diminution de poids atteint 4,3 % et à 1000°, 8,4 %.

L'étude aux rayons X a montré encore la formation de Mn_2O_3 puis de Mn_3O_4. En calculant les départs d'oxygène résultant de ces transformations, on aboutit à 5,4 % au lieu de 8,4 % enregistré. La différence s'explique par la volatilisation de PbO que l'on recueille sur les parois du four. Cependant la teneur en oxyde de plomb de la coronadite étant d'environ 30 %, on constate que la presque totalité de ce métal reste dans le réseau de la hausmannite de néoformation.

En résumé, polianite, ramsdellite et coronadite ont, au cours du chauffage, un comportement assez analogue. Aucun changement notable n'intervient jusqu'à 500° et à 1 000° le manganèse est dans tous à l'état de Mn_3O_4.

Il apparaît en outre, que dans la coronadite, le métal accessoire reste lié aux oxydes de manganèse et que l'on doit admettre l'existence d'un Mn_2O_3 et d'un Mn_3O_4 plombifère.

([3]) J. Orcel, *Bull. Soc. Fr. Min.*, 65, 1942, p. 73-114.

MINÉRALOGIE. — *Sur la radioactivité des phosphates de la région de Thiès (Sénégal).* Note (*) de MM. **Laurent Capdecomme** et **René Pulou**, transmise par M. Charles Mauguin.

L'un de nous a déjà montré que les phosphates alumineux de la région de Thiès contiennent deux phases minéralogiques essentielles [1].

L'une, que nous appellerons désormais *pallite*, dérive de la réaction de phosphates tricalciques sur des montmorillonites; elle est isostructurale des millisites découvertes par Larsen et Shannon [2] à Fairfield (Utah) $(PO_4)_8Al_{12}(NaK)_2(OH)_{18}6H_2O$, mais elle est pratiquement exempte d'alcalins et une proportion considérable (de l'ordre de 10 %) d'ions Fe''' remplace les ions Al. Sa composition théorique, $(PO_4)_8(Al.Fe)_{12}Ca_3(OH)_{18}.6H_2O$, peut encore être modifiée par la présence de Mg.

L'autre se rattache aux *crandallites* $(PO_4)_8Al_{12}Ca_4(OH)_{20}.4H_2O$, avec, toutefois, des proportions très variables de Al et Ca; elle résulte du lessivage de la précédente par les eaux d'infiltration et elle forme des dépôts concentrés à la base du gisement.

La présence d'uranium dans ces phosphates a déjà été signalée par Gunz et Arene [3] qui ont apporté une donnée numérique sur l'importance des concentrations dans certains échantillons [4]. De notre côté, nous avions, en 1952, constaté la dispersion des radioactivités de ces minerais et leurs valeurs très élevées dans certains échantillons. Leur étude a été développée, dès ce moment, à la lumière du mode de genèse de ces phosphates [1].

Les concentrations radioactives dans les minerais de Thiès sont aisément mises en évidence par l'empreinte photographique des sections polies et leur hétérogénéité apparaît dans la plupart des échantillons. Une étude quantitative a été faite par radiocomptages et par dosages chimiques sur des prélèvements dont la composition minéralogique avait été préalablement contrôlée par rayons X.

Sur une dizaine de pallites, à peu près pures, les teneurs en uranium se sont toutes situées entre 0,010 et 0,015 %. Sur des crandallites aussi bien isolées que possible, la moyenne de 30 dosages a indiqué 0,036 % d'uranium et les valeurs extrêmes sont 0,020 et 0,050 %. Les échantillons formés de mélanges de pallite et de crandallite présentent des teneurs intermédiaires, manifestement influencées par les proportions des deux constituants.

(*) Séance du 12 juillet 1954.

(1) L. Capdecomme, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 187 et *XIXe Congrès Géol. Intern.*, fasc. XI, 1953, p. 103-117.

(2) *Amer. Miner.*, 15, 1930, p. 329 et 27, 1942, p. 294.

(3) *XIXe Congrès Géol. Intern.*, Résumés, 1952, p. 78.

(4) Gunz et Arene, *XIXe Congrès Géol. Intern.*, Fasc. XI, 1953, p. 11.

L'impossibilité d'isoler parfaitement l'une quelconque des deux phases n'explique pas, à elle seule, les variations des teneurs en uranium observées entre les échantillons de chacune d'elles. Ces variations sont particulièrement sensibles dans les crandallites et les teneurs élevées d'uranium sont régulières à la base du gisement sous couverture de plusieurs mètres de minerai. Elles s'atténuent généralement vers le haut et les teneurs les plus faibles correspondent à des échantillons prélevés au voisinage du sol, en des points où des crandallites ont été mises à nu par une érosion. Cela conduit à penser qu'un lessivage intense suffit pour entraîner sélectivement une partie au moins de l'uranium attaché aux crandallites et que cet élément est loin d'être en totalité inclus dans le réseau du minéral.

Le premier véhicule solide de l'uranium des phosphates de Thiès paraît avoir été le phosphate tricalcique. Les argiles et calcaires des roches mères des phosphates alumineux sont beaucoup moins radioactifs qu'eux. Il est vraisemblable que l'uranium a été fixé en milieu marin au cours de l'épigénie des calcaires dont résultent ces phosphates.

Les phosphates tricalciques pulvérulents ont généralement de plus grandes radioactivités que les phosphates en roche ; sur les échantillons que nous avons examinés, elles sont, en moyenne, près de deux fois supérieures.

La radioactivité des phosphates tricalciques pulvérulents est elle-même supérieure à celle des pallites pures d'environ 20 à 25 %. Comme, à quantité égale de P_2O_5, le poids des pallites est supérieur de 15 % environ à celui des phosphates tricalciques, la radioactivité des pallites s'explique par la fixation de la majeure partie de l'uranium des phosphates tricalciques dont elles résultent par combinaison avec l'alumine des argiles. L'uranium paraît avoir été fixé avec l'ion P_2O_5 dans la pallite alors que la partie la plus importante du calcium du phosphate tricalcique était éliminée.

L'altération des pallites donne lieu elle-même à une migration *per descensum* d'ions phosphoriques et l'uranium libéré des pallites se concentre dans les crandallites.

Cette concentration paraît avoir un caractère sélectif. Elle ne se manifeste pas, en effet, dans les autres phases secondaires du gisement, telles que les wavellites, les turquoises et l'augelite.

Conclusion. — Ainsi, au cours de la genèse des phosphates aluminocalciques de Thiès, l'uranium primitivement apporté dans les phosphates tricalciques a été retenu par les pallites, au cours de la première phase d'évolution du gisement. Sous le climat actuel, l'altération des pallites donne lieu à des concentrations importantes de l'uranium au sein des crandallites.

La régularité du phénomène et l'importance des crandallites dans le gisement peut donner au phénomène un notable intérêt minier.

Signalons, accessoirement, que des phosphates aluminocalciques de même type provenant d'une île de la Côte Nord du Brésil ne nous ont montré aucune

concentration radioactive. C'est là un argument supplémentaire pour attribuer à des guanos et non, comme à Thiès, à des phosphates sédimentés en milieu marin, l'origine du phosphore de ces minerais.

MINÉRALOGIE. — *Sur la radioactivité des zircons de la frontière du Siam.* Note de M[lle] **Simone Hatem**, présentée par M. Paul Lebeau.

Cette étude a trait aux zircons de Chantaboun, de Païlin et de Bokéo.

Chantaboun au Siam et Païlin au Cambodge, sont à 60 km l'un de l'autre de part et d'autre de la frontière. Bokéo se situe dans la province de Stung-Treng.

Les zircons de Païlin et de Chantaboun proviennent d'un substratum très probablement de schistes cristallins et ont été véhiculés et amenés au jour par des laves basaltiques récentes ([1]), ([2]). Les zircons de Bokéo se trouvent à la base de terres rouges de décomposition basaltique, ils ont une origine analogue ([3]).

Les zircons de Chantaboun et Païlin sont brun clair, rouges, rouge brun foncé, ou brun foncé. Ceux de Bokéo sont brun foncé, brun clair, ou rouges.

Nous avons observé l'influence de la température et noté les changements de coloration conformément au tableau.

L'analyse spectrale donne les résultats suivants : Toutes ces pierres accusent la présence en quantité notable de zirconium et de silicium, en quantité faible et variable de fer, de magnésium, d'aluminium, de calcium, et de cuivre à l'état de traces. Seuls les zircons brun foncé de la frontièrs du Siam (E) se détachent des autres quantitativement par leurs teneurs en Fe, Mg, Al et Ca dosables, et, qualitativement, par la présence de manganèse non décelable ailleurs.

Rosenbusch-Wulfing, dans un traité de minéralogie ([4]) a cité la présence de terres rares, d'uranium et de thorium dans des zircons de diverses provenances. Il était intéressant de rechercher ces éléments dans les zircons indochinois.

Nous avons entrepris avec le concours de M[me] Pechansky et de M. Valladas l'étude du rayonnement au compteur Geiger-Müller, à la chambre d'ionisation et par la méthode de la plaque photographique.

([1]) A. Lacroix, *Bulletin Service Géologique de l'Indochine*, 20, Fasc. 3, Hanoï, 1933, p. 141.

([2]) S. Buravas, G. Taylor et J. Charaljavanaphet, *Geologic reconnaissance of the mineral deposits of Thailand. Geol. Survey Memori*, 1, 1953, p. 147.

([3]) E. Saurin, *Bulletin indochinois des Mines et de l'Industrie*, Hanoï, n° 3, 1944.

([4]) Rosenbusch-Wulfing, *Mikroskopische physiographie der petrographisch Wichtigen mineralien*, Stuttgart, 1927.

TABLEAU.

Échantillons.	Couleur d'origine.	Chauffages successifs (°C) et changements de couleurs. 300.	400.	450.	500.	550.	600.	610.	620.	650.
X....	Brun foncé	–	–	Rouge	–	–	Brun clair	–	–	–
Y....	Clair	–	–	Rouge	–	Brun foncé	–	Brun clair	–	Jaune
Z....	Rouge	–	–	–	Rouge clair	–	Brun foncé	–	Brun clair	Jaune
A_1...	Clair brun	Brun foncé	–	Rouge	–	Brun clair	–	–	–	–
D_1...	Clair rouge	–	Brun foncé	–	Brun clair	–	Jaune	–	–	–
D_2...	Rouge brun	–	Rouge	–	Brun foncé	–	Brun clair	–	–	Jaune
E....	Brun foncé	–	–	Rouge	Brun clair	–	Jaune	–	–	Jaune clair
		660.	680.	684.	700.	900.	930.	950.	980.	
X....	Brun foncé	–	Jaune	–	–	Jaune clair	–	–	–	–
Y....	Clair	–	–	Jaune clair	–	–	–	Jaune clair	–	–
Z....	Rouge	–	–	–	Jaune clair	Jaune clair	–	–	–	–
A_1...	Clair brun	Jaune	Jaune clair	–	–	–	–	–	Jaune clair	–
D_1...	Clair rouge	–	–	–	–	Jaune clair	–	–	–	–
D_2...	Rouge brun	–	–	–	Jaune clair	–	Jaune clair	– –	– –	– –
E....	Brun foncé	–	–	–	–	Jaune clair	–	–	–	

Le compteur Geiger-Müller a révélé pour les pierres brun foncé de la frontière du Siam (E) et pour ces pierres seulement une activité β. Ces pierres placées à 1 cm du compteur ont donné un nombre de coups doubles du mouvement propre de l'appareil.

La mesure du rayonnement α avec une chambre d'ionisation est négative. Cependant l'examen par la méthode de la plaque photographique montre l'existence d'un faible rayonnement α pour ces mêmes pierres.

En définitive, seuls les zircons brun foncé de la frontière du Siam (E) présentent une légère activité α et β. Cette particularité est vraisemblablement liée au terrain d'origine.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Épitaxies de l'anhydride molybdique sur la molybdénite et sur le graphite. Remarques structurales.* Note de M. **Raymond Hocart**, Mme **Michel Oberlin**, (née **Agnès Mathieu-Sicaud**) et M. **Albert Siat**, présentée par M. Charles Mauguin.

Aux concordances réticulaires dipériodiques définissant les lois d'orientation mutuelles, sont associés des recouvrements géométriques de liaisons courtes. Ces recouvrements de liaisons permettent d'assurer la comparaison des épitaxies obtenues et des épitaxies réticulairement possibles.

Les dépôts épitaxiques de MoO_3 sur le clivage (0001) de la molybdénite MoS_2 ont été décrits par deux d'entre nous. L'orientation des cristaux de MoO_3 obéit à l'une ou à l'autre de trois lois de concordances réticulaires définies dans le réseau plan d'accolement (010) par rapport au réseau plan du clivage porteur [1].

Cependant, les concordances de paramètres absolus multiples, telles qu'elles sont exprimées par ces trois lois, ne permettent aucun classement des fréquences observées dans la répartition des cristaux entre les trois groupes d'orientations.

La comparaison qualitative des fréquences peut devenir plus explicite si l'on ajoute quelques remarques structurales à l'interprétation réticulaire classique.

Dans la structure de MoO_3 [2] les liaisons O—O qui font intervenir au moins un atome O lié soit à deux soit à trois atomes Mo, sont obliques par rapport au plan d'accolement (010). Ces liaisons sont contenues dans les plans (001) (100) (301) (302) normaux à (010). Le plan (301) fait un angle de 19°30′ avec (100); (302) fait un angle de 35°30′ avec (100). Selon que (301) ou (100) ou (302) est parallèle au plan $(1\bar{2}10)$ de MoS_2 [qui est structuralement le plus dense des plans $(pqr0)$], il s'agit respectivement de la 1re loi réticulaire : [001] MoO_3 à 12° environ de la trace de $(01\bar{1}0)$ MoS_2 sur (0001); de la 2e loi : [001] à 30° environ de cette direction; de la 3e loi : [001] à 6° environ de cette même direction.

Mais, de plus, on peut faire apparaître le recouvrement géométrique approché d'une liaison S—S contenue dans le plan $(1\bar{2}10)$ et d'une liaison O—O contenue dans le plan (por) MoO_3 qui est parallèle à $(1\bar{2}10)$.

Les fréquences observées vont en décroissant : 60 à 70 % pour (301), 15 à 20 % pour (100), 5 % pour (302).

Les épitaxies de MoO_3 sur le clivage (0001) du graphite donnent lieu à des remarques structurales analogues aux précédentes.

---

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2377.
(2) N. Wooster, *Z. Krist.*, 80, 1931, p. 504-512.

TABLEAU I.

Plan de référence.	Coordonnées des atomes.	Longueur de la liaison (Å).	Angle de la liaison avec [010] MoO_3.
$(1\bar{2}10)$	$\left\{\begin{array}{l} S: \frac{4}{3}, \frac{2}{3}, u-\frac{1}{2} \\ S: \frac{2}{3}, \frac{1}{3}, 1-u \end{array}\right\}$ (3)	3,65	29° 50′
(301)	$\left\{\begin{array}{l} O: 1-u, \frac{1}{2}+v, \frac{1}{4} \\ O: 2+u, \frac{1}{2}-v, \frac{3}{4} \end{array}\right\}$	3,37	35° 30′
(100)	$\left\{\begin{array}{l} O: \frac{1}{2}+u, \frac{1}{4}, \frac{3}{4} \\ O: \frac{1}{2}+u, \frac{1}{2}-y, \frac{1}{4} \end{array}\right\}$	3,11	36°
(302)	$\left\{\begin{array}{l} O: \frac{1}{2}-u, \frac{3}{4}, \frac{1}{4} \\ O: u, 1+y, \frac{3}{4} \end{array}\right\}$	4,98	26° 30′

Nous avons produit récemment et observé ces épitaxies au microscope électronique et dans les diagrammes de diffraction électronique par transmission. Elles sont définies par deux lois de concordances réticulaires dipériodiques dans le plan d'accolement (010) MoO_3 et (0001) graphite.

Selon une loi, [001] MoO_3 est aligné suivant la trace de $(01\bar{1}0)$ sur le clivage porteur; selon l'autre loi les deux directions font un angle de 20° environ. Les fréquences des deux groupes de cristaux orientés nous ont paru comparables. Selon une troisième loi, tout aussi plausible réticulairement que la seconde loi décrite, [001] MoO_3 serait à 30° de la direction déjà définie sur le porteur. Nous n'avons pas observé de cristaux orientés conformément à cette troisième loi.

Selon que (100) ou $(30\bar{1})$ de MoO_3 est parallèle au plan $(01\bar{1}0)$ du graphite (qui est structuralement le plus dense parmi les plans $(pqro)$, il s'agit respectivement de la première ou de la deuxième loi réticulaire.

Il est possible de faire apparaître un recouvrement géométrique approché d'une liaison C-C contenue dans le plan $(01\bar{1}0)$ et d'une liaison O-O contenue dans le plan (por) MoO_3 qui est parallèle à $(01\bar{1}0)$.

Le recouvrement géométrique d'une liaison O—O et d'une liaison C—C est beaucoup moins satisfaisant dans le cas de la troisième loi qui est cependant réticulairement prévisible.

(3) *Strukturbericht*, 1, 1913-1928, p. 214.

TABLEAU II.

Plan de référence.	Coordonnées des atomes.	Longueur de la liaison (Å).	Angle de la liaison avec [010] MoO_3.
$(0\bar{1}10)$..........	$\left\{ \begin{array}{l} C : 0, 0, 0 \\ C : 1, 0, \frac{1}{2} \end{array} \right\}$	4,17	36°
(100)...........	*cf.* tableau I	3,11	36°
(301)...........	*cf.* tableau I	3,37	35°30′
(001)...........	$\left\{ \begin{array}{l} O : \frac{1}{2}+u, \frac{1}{4}, \frac{3}{4} \\ O : 1+u, \frac{1}{2}-v, \frac{3}{4} \end{array} \right\}$	2,88	43°

L'aspect structural des épitaxies envisagé ici, associe aux recouvrements de liaisons à grande distance, tels que les expriment les paramètres absolus multiples, des recouvrements approchés de liaisons courtes.

GÉOLOGIE. — *Paléogéographie et position tectonique du Nummulitique de la zone du « flysch » et de sa bordure.* Note de M. **Charles Gottis**, présentée par M. Paul Fallot.

La phase orogénique post-campanienne, anté-éocène a abouti en bordure de la Kroumirie et des Nefza à la formation de hauts-fonds. Elle est directement responsable de la répartition des faciès du Nummulitique. Les plis créés ont été accusés au cours des orogénèses postérieures tandis que des chevauchements se produisaient dans les zones où l'on observe de brusques différences de puissance.

Des levers, effectués en compagnie de P. Sainfeld, entre la frontière algérienne à Ghardimaou et les Hedil, m'ont permis de faire les observations suivantes.

Paléogéographie du nummulitique. — Tandis que le Crétacé moyen et supérieur présente dans toute la région une remarquable uniformité, on remarque en bordure et au Sud du « flysch » de nombreuses variations de faciès et de puissance dans le Nummulitique.

Autour des anticlinaux maestrichtiens, on le rencontre sous l'aspect de sédiments littoraux, peu épais, lenticulaires où les lacunes sont fréquentes. Les diverses strates sont souvent transgressives les unes sur les autres et sur les roches plus anciennes (Crétacé ou Trias). C'est ainsi que les marnes de passage du secondaire au tertiaire sont plus ou moins puissantes et que les calcaires de l'Éocène, lorsqu'ils existent, sont réduits et riches en nummulites surtout au niveau du Lutétien inférieur par lequel ils se terminent. Le Lutétien supérieur se rencontre sous forme d'un petit banc

dû a l'accumulation de grandes nummulites. Cet horizon est associé à des couches à huîtres du groupe « *multicostata* » et, éventuellement, à des conglomérats. L'Oligocène débute souvent par un conglomérat épais de 2 à 3 m, riche en macrofaune et en divers foraminifères dont des petites nummulites. Puis viennent des alternances de micro-brèches glauconieuses et de marnes. Les micro-brèches lenticulaires, dont la base est fossilifère, peuvent passer à des calcaires ou à des grès plus ou moins glauconieux. L'épaisseur de l'ensemble varie de quelques mètres à plusieurs décamètres. Le sommet plus gréseux, non daté, pourrait représenter du Miocène.

Pendant que s'effectuaient ces dépôts, les synclinaux voisins étaient le siège d'une sédimentation plus épaisse et plus monotone. Au-dessus des marnes de passage, les calcaires de l'Éocène, souvent puissants de plus de 200 m, se présentent sous le faciès à globigérines. Puis viennent des couches argileuses noires avec quelques intercalations riches en glauconie qui représentent l'Éocène supérieur. Enfin les micro-brèches glauconieuses de l'Oligocène sans conglomérat de base, mais avec les mêmes fossiles que sur les anticlinaux, terminent la série.

Au Nord, la zone, aujourd'hui occupée par le Numidien, montre, dans les Nefza tout au moins, la succession suivante :

Les marnes des passages ont des puissances extrêmement variables. Leur sommet paraît avoir remanié du Crétacé. Les calcaires à globigérines sont lenticulaires et font fréquemment défaut. L'Éocène supérieur est argileux et se charge parfois vers son sommet, de passées glauconieuses. L'Oligocène débute par des micro-brèches lenticulaires noyées dans des argiles et dont la faune est identiques à celle des roches de même nature de la région de bordure.

Par la suite, l'évolution de cette zone prend un caractère absolument nouveau. Alors que sur la bordure sud se déposent des sédiments de plus en plus littoraux, on assiste au Nord à une subsidence rapide. L'Oligocène supérieur à faciès numidien, légèrement transgressif sur sa base (1) s'y accumule sous d'énormes épaisseurs. Vers l'Ouest (région de Tabarka), l'Éocène semble plus régulier et plus profond.

Position tectonique. — Ce qui précède implique certaines conclusions.

a. Importance de l'orogénèse maestrichtienne (2). — A la fin du Crétacé un important diastrophisme a produit une série de rides. Ces plissements dont on retrouve l'influence dans la zone du « flysch » (Nefza) sont surtout nets sur la bordure Sud des affleurements numidiens. Ils ont abouti à la formation d'anticlinaux étroits, coffrés à voûtes tabulaires, séparés par des synclinaux à fonds plats, originairement assez larges. Déjà sensibles

(1) C. Gottis, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2521.

(2) Phase déjà signalée par J. Flandrin, *Thèse*, Alger, 1948, p. 75-76.

au cours de la sédimentation des marnes de passage, c'est surtout à partir des dépôts des calcaires de l'Éocène et jusqu'à la base de l'Oligocène que les effets des plissements sur la répartition des faciès apparaissent clairement : sédiments littoraux ou lacunes sur les anticlinaux, séries puissantes et monotones dans les synclinaux. Les passages de faciès entre les couches sédimentées sur les hauts-fonds tabulaires et celles des cuvettes sont extrêmement brusques pour les calcaires de l'Éocène. A partir de l'Oligocène les variations sont moins importantes. Cela nous semble dû au fait que la bathymétrie sur les synclinaux en partie comblés par les puissants dépôts de l'Éocène devait être à cette époque, comparable à celle existant au-dessus des anticlinaux. Il n'y avait plus de hauts-fonds séparés, mais une plateforme plus ou moins mamelonnée au niveau des plis. Au Nord, dans la région occupée par le Numidien, la phase anté-éocène a eu une influence comparable sur la stratigraphie, à cela près que les rides formées ont toujours été recouvertes par une hauteur d'eau importante et que l'on n'y observe, jusqu'à l'Oligocène, que des sédiments profonds.

b. Orogénèses post-nummulitiques. — Les plissements qui ont exondé le Numidien semblent s'être produits à l'extrême sommet de l'Oligocène ([3]). Ces mouvements, ou les orogénèses post-miocènes, ont augmenté l'acuité des rides antérieurement formées. Cela a eu pour résultat, sur la plateforme sud, de faire chevaucher les séries minces des auréoles anticlinales par les puissantes séries des synclinaux qui se sont pincés. Les ruptures ont dû se produire le long des flancs redressés des anticlinaux où existait le brusque changement de faciès. A une plus grande échelle, la bordure de l'énorme masse du « flysch » chevauche la limite nord de la zone des hauts-fonds où l'Oligocène est réduit.

GÉOLOGIE. — *Le Jurassique au Nord du Plateau iranien.* Note (*) de MM. **Raymond Furon** et **Louis-Félicien Rosset**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La découverte d'un niveau marin jurassique (Bajocien-Bathonien) au Nord de l'Hindou-Kouch, en Afghanistan, complète la série stratigraphique du Nord du Plateau iranien : Ouralo-Permien à Fusulines, mouvements hercyniens, Trias marin, Lias à charbon et végétaux, Jurassique marin, Crétacé inférieur continental, Crétacé supérieur marin.

A la suite des mouvements hercyniens ayant déterminé des chaînes Nord-Sud décrites par l'un de nous (R. F.), la mer triasique est revenue,

---

([3]) C. Gottis, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 181.

(*) Séance du 12 juillet 1954.

abandonnant des dépôts à Cératites connus maintenant depuis l'Azerbaidjan jusqu'au Pamir. Une régression se manifeste en même temps que du volcanisme. C'est l'époque du dépôt des couches à végétaux et à charbon, tant en Perse qu'en Afghanistan. Le dépôt devait commencer pendant le Rhétien, mais la limite supérieure restait inconnue en Afghanistan.

A l'Ouest, en Perse, le Lias à charbon est recouvert par des dépôts marins, dont les plus anciens sont datés de l'Aalénien par *Harpoceras opalinum* et sont suivis de Bajocien-Bathonien très fossilifères, depuis la zone à *Parkinsonia Parkinsoni* jusqu'à celle à *Oppelia aspidoides*.

Dans l'Est, Sir H. Hayden a trouvé du Callovien, puis les géologues russes, Nalivkin en particulier, ont découvert du Bathonien à *Oppelia fusca* et *Pholadomya Murchisoni* recouvrant les schistes continentaux de Sarikol.

En Afghanistan, l'un de nous (L. F. R.), accompagné de Mlle D. Le Roy, découvrit le Jurassique marin en juin 1952, dans la localité de Karkar, au Nord de l'Hindou-Kouch, à 445 km au Nord-Nord-Ouest de Kaboul, à 25 km au Nord-Nord-Est de Poul-i-Khomri. Les premiers fossiles découverts furent des *Pholadomya Murchisoni* dont nous avons signalé l'existence. Depuis, de nouvelles récoltes permettent de nouvelles précisions, malgré la difficulté des observations sur le terrain.

L'un de nous (R. F.) a pu déterminer : *Montlivaultia Waterhousi* M.-E. et *M. cyclolitoides* M.-E. et H., *Anabacia* cf. *orbulites* Lamouroux, *Terebratula perovalis* Sow., *Pholadomya Murchisoni* Sow., *Modiola cuneata* Sow., *M. sowerbyana* d'Orb., *Goniomya angulifera* Sow., *Plagiostoma cardiiforme* Sow., *Avicula inornata* T. et J., *Posidonomya alpina* Gras (= *P. ornati* Q.), *Holectypus depressus* Leske, *H. hemisphericus* Ag., *Acrosalenia* cf. *Lamarcki* Desm.

Cette faune appartient certainement à plusieurs niveaux, non encore séparés, mais elle représente très certainement le Bajocien et le Bathonien, depuis la zone à *Parkinsonia Parkinsoni* jusqu'à celle à *Oppelia aspidoides*.

Cette découverte permet de relier les affleurements connus dans l'Ouest à ceux du Pamir et de limiter dans le temps le dépôt des couches à charbon et à végétaux, incontestablement liasique (du Rhétien à l'Aalénien).

Ce Jurassique, épais de 50 m environ, calcaire, est surmonté de 60 m de calcaires sans fossiles, puis le faciès devient argileux et on passe à plusieurs centaines de mètres de dépôts argileux, avec bancs de gypse. C'est un faciès habituel du Crétacé inférieur.

A Poul-i-Khomri, près de l'usine électrique, des calcaires postérieurs aux niveaux gypsifères contiennent des Inocérames du groupe *labiatus* (*Inoceramus* cf. *hercynicus* Petr., d'après M. Sornay qui les a examinés). Il s'agit donc de Turonien supérieur.

La série stratigraphique du Nord de l'Afghanistan se trouve ainsi complétée depuis l'Ouralo-Permien à Fusulines jusqu'au Crétacé supérieur.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur une méthode nouvelle et peu coûteuse de défense contre l'érosion littorale.* Note (*) de MM. **André Rivière** et **Jean Laurent**, présentée par M. Donatien Cot.

Des épis, dont la partie distale est séparée de l'enracinement par un large pertuis permettant le libre jeu des transferts littoraux, peuvent assurer la défense des côtes, même lorsque les épis de type classique sont inefficaces ou même nuisibles (cas de faibles transports littoraux).

L'un de nous a précédemment signalé [1] que la côte septentrionale du Golfe de Saint-Tropez est, depuis longtemps, en voie de recul rapide, sous l'effet d'une puissante érosion déclenchée par les prélèvements de sable inconsidérés effectués 30 ans durant, au centre de la baie ou sur sa rive Ouest.

En raison de la faiblesse des apports sédimentaires (alluvions des torrents littoraux et érosion d'une côte rocheuse peu étendue), les transferts littoraux sont peu importants, *conditions particulièrement défavorables* quand les profils littoraux se sont abaissés au-dessous des « profils d'équilibre » naturels, soit par suite d'interventions humaines, soit par suite d'actions océaniques de caractère exceptionnel [2]. Il en est résulté, que les travaux effectués à plusieurs reprises pour tenter d'enrayer le recul du rivage, et qui consistaient surtout en épis de maçonnerie ou de gabionnage (parfois savamment combinés) se sont soldés par un échec. Très régulièrement, en effet, on pouvait observer un engraissement du flanc est, exposé aux tempêtes du Sud-Est, mais la plage située sous le vent, était l'objet d'une érosion accélérée, qui ne tardait pas à déchausser et à tourner l'enracinement de l'ouvrage désormais inutile et condamné à brève échéance.

Il eut sans doute été possible de résoudre le problème par la construction d'épis hollandais surbaissés, mais ceux-ci sont extrêmement onéreux. Une solution meilleure, à notre avis, eut été la construction d'épis perméables, à massif frontal, tels que ceux qui ont été utilisés pour protéger la côte de Faraman (Camargue) [3]. Les observations faites par l'un d'entre nous (A. Rivière) conduisent à une troisième solution.

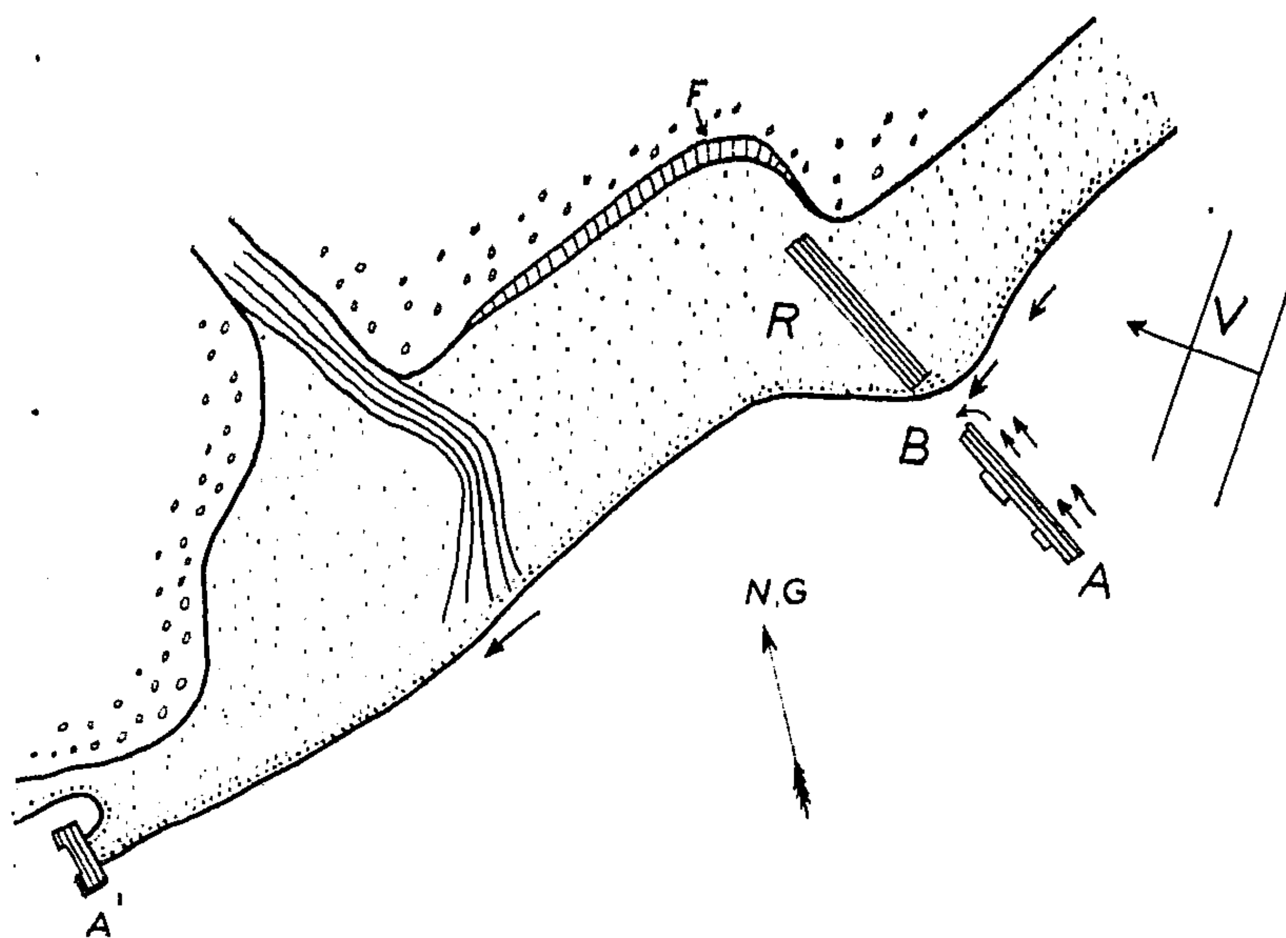
(*) Séance du 12 juillet 1954.

(1) A. Rivière, *Proceedings of the Third International Congress of Sedimentology*, Groningen-Wageningen-Netherland, 150, 5-12 juillet 1951, p. 211.

(2) A. Rivière, *Revue générale de l'Hydraulique*, n° 48, novembre-décembre 1948.

(3) A. Rivière, A. de Rouville, Agricol Jullien et Mme Ch. Razavet, née Ch. Duboul, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 319.

Au cours de l'hiver 1953-1954, la mer a gravement endommagé les ouvrages les plus orientaux du système. Le plus important d'entre eux (*figure*) a été emporté, sur environ 9 m de longueur, à une vingtaine de mètres de son enracinement. L'accumulation des sables au vent de l'ouvrage (côté Est), ne dépasse évidemment pas la brèche, mais l'énorme dépression, jadis creusé par l'érosion sous le vent de l'ouvrage, et qui en



A, Épi primitivement continu; F, Falaise d'érosion en voie de recul rapide avant la rupture de la partie centrale de l'épi; R, Remblayage consécutif à l'ouverture de la brèche B; A', Épi en voie de contournement; V, Sens de propagation des vagues.

menaçait l'enracinement, est complètement comblé : l'ensablement de la partie continentale de l'épi est presque aussi important sous le vent qu'au vent et localement le rivage a cessé d'être attaqué. Les observations faites par houle Sud-Est montrent que le courant de vague habituel assure le remblayage *au vent* de la partie continentale de l'épi, tandis qu'un second courant d'obliquité — portant au rivage — suit la partie distale de l'ouvrage, ramenant *vers le littoral* et *vers la brèche* les sédiments qui, dans le cas des épis classiques, sont entraînés vers le large, et plus ou moins dispersés. Il y a donc une véritable concentration sédimentaire au niveau de la brèche et les sables qui y sont entraînés, passant sous le vent de l'ouvrage, s'y déposent et arrêtent toute action érosive.

De ces observations, il ressort qu'il y aura presque toujours intérêt à constituer les épis en deux tronçons, séparés par une brèche, dont les dimensions seront à déterminer dans chaque cas, ainsi que les longueurs respectives de chacune des parties de l'ouvrage, et éventuellement l'orientation de la partie distale. Les *épis interrompus* doivent constituer un

type nouveau d'ouvrage de protection, moins délicat et moins aléatoire que les épis classiques, et dont les chances d'efficacité sont beaucoup plus grandes (les actions érosives sous le vent étant impossibles). De plus, n'arrêtant pas le transfert littoral, les *épis interrompus* auront aussi l'avantage de ne pas aggraver l'érosion des parties de la côte situées sous le vent des zones protégées.

Enfin, l'action de ce nouveau type d'épi ne paraît impliquer aucun profil particulier, ce qui laissera à l'ingénieur le choix absolu du mode de réalisation matérielle. Ainsi, dans l'ensemble, tout en semblant devoir être aussi efficaces que les coûteux épis hollandais, et convenir tout autant aux zones les plus menacées, le nouveau procédé doit être particulièrement économique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Systématique et biochimie des Amaryllidacées. Le contenu alcaloïdique de* Pancratium maritimum *L.* Note (*) de M[lle] **Marie-Louise du Mérac**, présentée par M. Raoul Combes.

L'analyse macrochimique des bulbes de *Pancratium maritimum* L. conduit à y déceler la présence de Lycorine. Cet alcaloïde est important chez les Amaryllidacées en ce qui concerne les rapports de la Biochimie et de la Systématique.

Discerner les traits essentiels des Amaryllidacées, leurs limites et leurs subdivisions naturelles est œuvre délicate. On peut en juger par les divergences que présentent les classifications en usage, établies sur les seules données morphologiques. Tandis que Pax et Hofmann in Engler ne conçoivent pas cette famille de Liliiflores sans la présence d'un ovaire infère et adhérent, Hutchinson la considère comme unifiée d'abord par l'inflorescence ombelliforme terminant une hampe à feuilles toutes radicales. Ce dernier y incorpore ainsi les Allioïdées, malgré leur ovaire généralement libre, et ne conserve des quatre groupes inférovariés admis par Pax que les Amaryllidoïdées. Quelles que soient pour eux les limites de cette famille, les auteurs s'accordent d'ailleurs à en admettre le polyphylétisme. Pour éclairer le systématicien qui, au delà des convergences possibles, cherche à reconnaître les groupes naturels, H. Belval ([1]) a songé à compléter les enseignements de la Morphologie par ceux de la Biochimie. Continuant des recherches de cet ordre ([2]), nous apportons ici, avec l'étude de *Pancratium maritimum* L. (Amaryllidoïdées Eucharidinées) de nouvelles

(*) Séance du 12 juillet 1954.

([1]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 19, 1937, p. 1158, et 21, 1939, p. 294; *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 85, 1938, p. 486.

([2]) M.-L. Rubat du Mérac, *Thèse*, Paris, 1949.

données biochimiques concernant la sous-famille la mieux caractérisée morphologiquement.

Bien reconnaissable, de juillet à septembre, à ses ombelles dont les fleurs blanches et odorantes s'ornent d'une paracorolle staminale *P. maritimum* affectionne les sables du littoral méditerranéen et joue, dans ces terrains meubles, un rôle fixateur par ses importants groupes de bulbes tuniqués. L'étude des principales substances contenues dans ces organes fait l'objet du présent travail. Nos analyses ont porté sur de nombreux bulbes récoltés à l'état de repos végétatif, en trois localités : Ile Rousse (Corse), juillet 1950; étang du Canet (Pyrénées-Orientales), août 1951; Saint-Aygulf (Var), novembre 1951. Incinérés, ceux-ci laissent peu de cendres (4 % du sec), riches en Ca et en Mg. Parmi leurs caractères biochimiques importants, retenons ici :

1° *leur aptitude à synthétiser des alcaloïdes du groupe phénanthridine*;
2° *la multiplicité des glucides qu'ils élaborent.*

Nous envisageons, dans ce qui suit, le premier de ces caractères, le second fera l'objet d'une publication ultérieure.

Les bulbes étudiés nous ont fourni 2,9 % du sec en alcaloïdes totaux, extraits par l'acétate d'éthyle, et dont la fraction la moins soluble cristallise. C'est une base lévogyre fondant avec décomposition vers 275°, difficile à dissoudre, même à chaud, dans l'eau et l'alcool, pratiquement insoluble à froid dans les solvants neutres. Elle donne avec les acides des sels solubles : le chlorhydrate forme des houppes d'aiguilles brillantes ($[\alpha]_D = +13$, F 218-219°), le picrate, des tables jaunes (F 220-221°). En liqueur acide, elle précipite les réactifs de Bertrand, de Mayer, de Dragendorff et prend, avec le réactif de Froede, une teinte verte virant au bleu. SO_4H_2 ou NO_3H concentrés ainsi que le réactif d'Erdmann ou MnO_4K en solution sulfurique font apparaître des colorations jaunes, tandis que l'eau de Br développe peu à peu une belle fluorescence bleue. Ce sont autant de caractères permettant d'identifier l'alcaloïde de *P. maritimum* à la *lycorine* décrite par Morishima, Ewins, Asahina et Sugii à propos de *Lycoris radiata* et de *Narcissus pseudo Narcissus*, par Gorter [3] pour plusieurs autres Amaryllidoïdées et pour laquelle Kondo [4] propose une formule à noyau phénanthridine.

Aux données acquises, ajoutons ici quelques précisions sur les propriétés cristallographiques de l'alcaloïde de *P. maritimum*. La base, déplacée de ses sels par les alcalis, apparaît en cristaux arborescents ou en petites mâcles (*fig.* 1), nous l'avons ainsi purifiée à partir de son chlorhydrate. Traitée par l'alcool aqueux bouillant, elle recristallise en prismes réfringents

---

(3) *Bull. Jard. Bot. Buitenzorg*, 3e série, 1, 1919, p. 352; 2, 1920, p. 1 et 331.
(4) *Ber. d. Chem. Gesells*, 73, 1940, p. 1424.

(*fig.* 2), orthorhombiques ([3]), biaxes positifs (2 V voisin de 60°), à forte biréfringence maxima (n_p 1,57, n_g 1,71) et allongement généralement positif. Un spectre de poudre (Debye et Scherrer) a été réalisé, dont une copie existe au laboratoire de minéralogie de la Sorbonne.

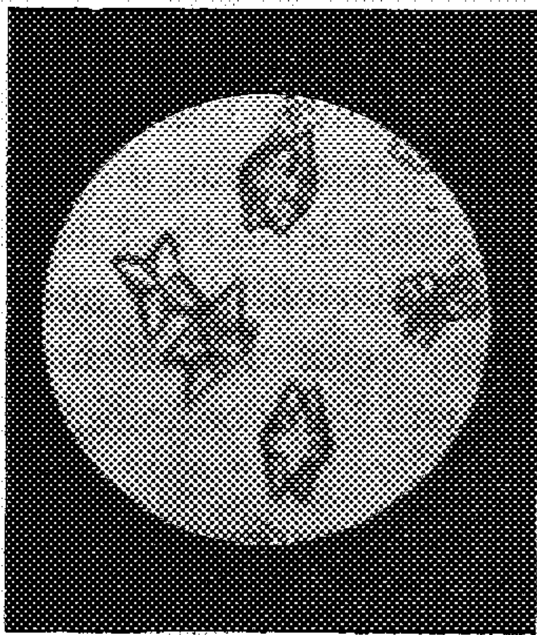


Fig. 1 (× 250).

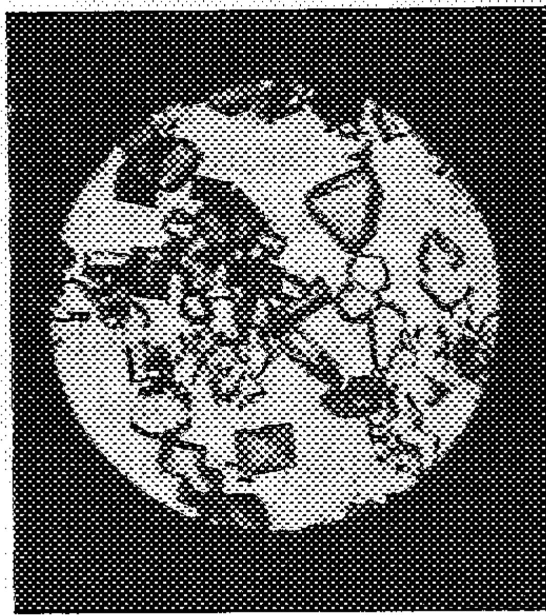


Fig. 2 (× 18).

Voilà donc un nouvel exemple de la présence de *lycorine* chez une Amaryllidacée. Il est remarquable que les espèces — une trentaine — où l'on connaît déjà l'existence de lycorine ou d'alcaloïdes chimiquement très proches de celle-ci, appartiennent aux Amaryllidoïdées exclusivement et comptent des représentants de toutes les tribus de cette sous-famille (mises à part les Ixoliriées monogénériques encore non étudiées).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *La raumitorine et la sérédine, deux nouveaux alcaloïdes, isolés des racines de* Rauwolfia vomitoria *Afz.* Note de MM. **Jacques Poisson, Alain Le Hir, Robert Goutarel** et **Maurice-Marie Janot**, présentée par M. Paul Lebeau.

La raumitorine $C_{22}H_{28}O_4N_2$ et la sérédine $C_{23}H_{30}O_5N_2$ sont deux nouveaux alcaloïdes indoliques qui peuvent être séparés par chromatographie des bases faibles retirées des racines de *Rauwolfia vomitoria* Afz.

Trois alcaloïdes cristallisés avaient été précédemment caractérisés dans les racines de *Rauwolfia vomitoria* Afz. : l'ajmaline, l'alstonine ([1]) et la réserpine ([2]). Ces trois bases avaient été retirées d'autres espèces de *Rauwolfia* ou en ce qui

([3]) Nous devons à M. Bordet l'étude optique de ces cristaux.

([1]) E. Schlittler, H. Schwarz et F. Bader, *Helv. chim. Acta*, 35, 1952, p. 271.

([2]) J. Poisson, A. Le Hir, R. Goutarel et M.-M. Janot, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1607.

concerne l'alstonine d'une Apocynacée voisine : *Alstonia constricta* F. Muell. Les deux alcaloïdes qui font l'objet de la présente Note n'ont pas à notre connaissance été signalés et nous proposons de les dénommer respectivement raumitorine et sérédine. Ils sont séparés par chromatographie sur alumine de la fraction des bases faibles solubles dans le benzène retirées soit des racines entières, soit des écorces de racines de *Rauwolfia vomitoria* Afz. Apocynacée africaine. La raumitorine est éluée dans les fractions benzéniques de tête (avant la réserpine) et la sérédine est obtenue par élution à l'acétone après lavage de la colonne par du benzène-acétone 9-1.

La *raumitorine* F 138°, $[\alpha]_D^{20} + 60°$ (chloroforme, $c = 0,54$) cristallise dans le méthanol en belles aiguilles blanches peu solubles dans le méthanol et l'éthanol, très solubles dans l'acétone, l'éther et le chloroforme. Elle répond à la formule brute $C_{22}H_{28}O_4N_2$, trouvé %, C 68,75; H 7,02; N 7,25; OCH_3 16,0; calculé %, C 68,72; H 7,34; N 7,29; $2OCH_3$ 16,0.

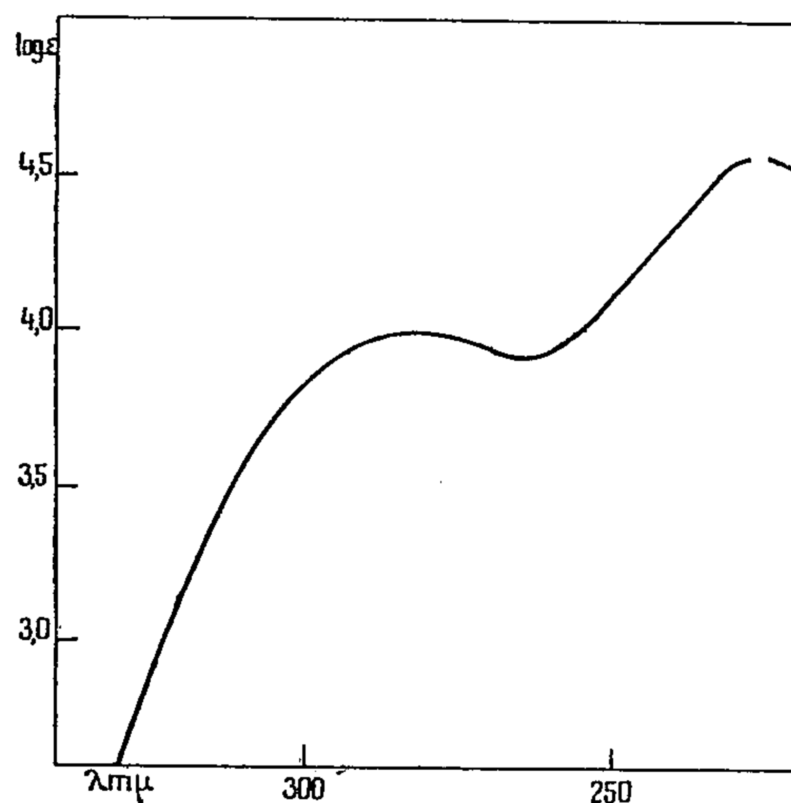


Fig. 1. — Raumitorine (éthanol).

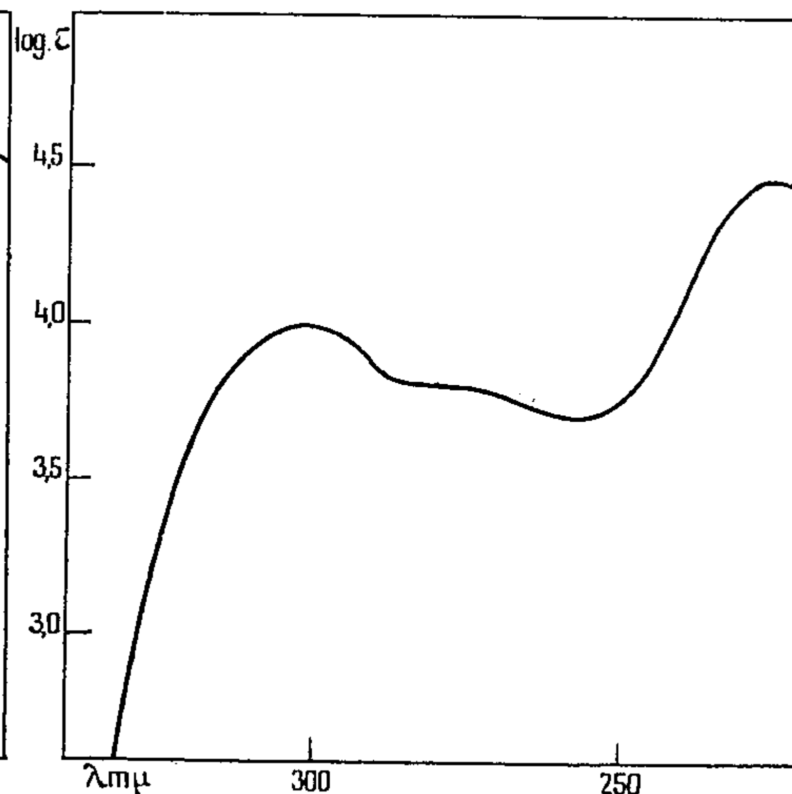


Fig. 2. — Sérédine (éthanol).

Le spectre ultraviolet (*fig.* 1) montre à 280 mμ la bande d'absorption des dérivés indoliques, ainsi qu'une absorption dans la région de 250 mμ caractéristique d'un enchaînement R—OOC—C=C—OR′ ([3]). Ce spectre est très voisin de celui de l'aricine ([4]) alcaloïde retiré de *Cinchona Pelletieriana* Wedd., l'élargissement de la bande à 280 mμ pouvant être rapporté à la présence sur le cycle indolique d'un groupe méthoxy en position 4 ou 5 ([5]). Le spectre infrarouge est caractérisé par la présence de la vibration OH ou NH dans la région de 3 μ et de deux fortes bandes dans la région de 6 μ : la bande ester à 5,89 μ

([3]) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Bull. Soc. chim.*, 18, 1951, p. 587.

([4]) *Ibid.*, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 724.

([5]) R. Goutarel, *Thèse doctorat ès sciences*, Paris, 1954.

et la bande C=C à 6,17 μ confirment la présence de l'enchaînement R—OOC—C=C—O—R'.

La *sérédine*, F 291°, $[\alpha]_D^{20} - 1 \pm 1^\circ$ (chloroforme, $c = 0,43$) cristallise dans le méthanol en petits prismes blancs qui peuvent être sublimés dans le vide poussé à 250°. Elle est très peu soluble dans le méthanol, l'éthanol ainsi que dans l'acétone et le chloroforme. Elle répond à la formule brute $C_{23}H_{30}O_5N_2$, trouvé %, C 66,50; H 7,34; N 6,64; OCH_3 22,5; calculé %, C 66,64; H 7,30, N 6,76; OCH_3 22,4. Le spectre ultraviolet (*fig.* 2) est celui des dérivés du méthoxy-6 indol, il est très voisin de celui du réserpate de méthyle (6).

Le spectre infrarouge montre vers 3 μ la bande OH ou NH et une seule bande à 5,87 μ correspondant vraisemblablement à un groupe ester. L'espèce africaine *Rauwolfia vomitoria* Afz. se différencie donc de l'espèce indienne *Rauwolfia serpentina* Benth. ainsi que de l'espèce américaine *Rauwolfia heterophylla* Rœm. et Schult. par la présence de deux nouveaux alcaloïdes : la raumitorine et la sérédine. Les premières indications sur la constitution de ces alcaloïdes permettent de penser que comme la plupart des alcaloïdes des *Rauwolfia*, ils dérivent biogénétiquement de la condensation du tryptophane et de la dihydroxyphénylalanine.

PHYSIOLOGIE. — *Différence d'activité physiologique entre des formes isomériques du galactose*. Note M. **Paul Fournier**, présentée par M. Robert Courrier.

L'activité biologique du galactose paraît dépendre de la forme isomérique qu'il revêt et c'est le β-galactose qui semble responsable de l'effet remarquable du lactose sur l'ossification.

Des études récentes fondées sur des conceptions nouvelles du métabolisme calcique et de la physiologie de l'os nous ont conduit à montrer que le lait exerce un effet protecteur vis-à-vis de la résorption du squelette de la Ratte allaitante et que cet effet doit être rapporté au lactose (1).

Le lactose intervient efficacement dans d'autres conditions de crise osseuse : parathyroïdectomie (2), rachitisme (3), (4), croissance (5). Mais l'effet favorable du lactose sur le squelette du Rat disparaît quand on remplace le lactose par la moitié de son poids de galactose (6). Ce qui

(6) A. Hofmann, *Helv. chim. Acta*, 37, 1954, p. 849.

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 270, 391 et 509.

(2) L. Dragstedt et S. Peacock, *Amer. J. Physiol.*, 64, 1923, p. 424.

(3) O. Bergeim, *J. Biol. Chem.*, 70, 1926, p. 35.

(4) O. Kline, J. Keenan, C. Elvehjem et E. Hart, *J. Biol. Chem.*, 98, 1932, p. 121.

(5) A. Harper, M. Katamanga et B. Jelinek, *Canad. J. Med. Sc.*, 30, 1952, p. 572.

(6) J. Outhouse, J. Smith et J. Twomey, *J. Nutr.*, 15, 1938, p. 257.

semble indiquer que l'action du lactose ne peut s'expliquer par un métabolisme intermédiaire particulier découlant de sa constitution. Et l'on admet que ce glucide améliore très indirectement la condition de l'os, l'absorption de Ca se trouvant favorisée par l'acidification du milieu intestinal consécutive à son ingestion. Mais cette explication ne convient pas à Elvehjem et ses collaborateurs ([4]), à C. Robinson et C. Duncan ([7]) non plus qui, cependant, n'en proposent pas d'autre.

Dans le but d'étudier les raisons de l'action du lactose, des Rats albinos de 50 g sont répartis en quatre lots de six animaux. Les Rats du lot I reçoivent à volonté une quantité contrôlée d'un régime témoin dont la composition centésimale est la suivante : amidon 85,5; huile d'arachide 8; levure sèche 3; mélange salin 3; O_2Ti 0,5. Le mélange salin contient pour 100 parties : CO_3Ca 45; PO_4H_2K 26; Cl K 13,2; Cl Na 8,5; hydrocarbonate de Mg 3; $SO_4Mg\,7\,OH_2$ 2; oxalate ferreux 2; FNa 0,13; $SO_4Cu\,5\,OH_2$ 0,13; alun de K cristallisé 0,025; IK 0,01; SO_4Mn 0,005.

Les régimes des Rats des autres lots ne diffèrent du précédent que par la substitution : de 12 % de lactose (lot II), de 6 % (lot III) ou de 20 % (lot IV) de galactose, à des proportions équivalentes d'amidon. Ces régimes sont préparés à raison d'une partie de poudre pour deux parties d'eau.

Dès le troisième jour d'expérience, les fèces et les urines sont recueillies séparément; leur teneur en Ca est déterminée. Le galactose est dosé dans les urines d'après leur pouvoir réducteur et rotatoire. Les quantités journalières moyennes de Ca ingéré et retenu, de galactose ingéré et urinaire, les coefficients d'utilisation correspondant à ces valeurs sont consignés dans un tableau.

		Ca (mg).		Galactose (g).		Coefficient d'utilisation (%).	
Lot.	Régime.	ingéré.	retenu.	ingéré.	urinaire.	Ca.	Galactose.
I.	Témoin	42,6	16,5	—	—	38,7	—
II.	Lactose 12 %	36	20,5	0,42	0,014	57	97
III.	Galactose 6 %	39	16,6	0,45	0,24	43	58
IV.	» 20 %	44,4	27,7	1,7	0,94	62	45

En prenant pour terme de comparaison les résultats fournis par les Rats au régime témoin, nous constatons que l'administration de 6 % de galactose n'améliore pas notablement l'utilisation du Ca. Par contre, l'introduction de 12 % de lactose ou de 20 % de galactose provoque un accroissement important des coefficients d'utilisation de Ca.

Nous pensons que ces faits sont en rapport avec les formes isomériques du galactose. Par hydrolyse, le lactose ne fournit que du β-galactose

([7]) *J. Biol. Chem.*, 92, 1931, p. 435.

lequel ne subit pas immédiatement la mutarotation ([8]). Tout autrement se présentent les solutions aqueuses de galactose où l'on a reconnu, trois et peut-être quatre isomères ([9]). Ces considérations nous ont conduit à introduire dans le régime IV plus de trois fois plus de galactose qu'il n'était nécessaire pour remplacer celui qui se trouve dans le régime II sous forme de lactose. Nous tendions ainsi à égaliser les quantités de β-galactose administrées aux animaux. Dans de telles conditions l'effet du lactose et du galactose sur l'utilisation du Ca est semblable.

Cette conception d'une activité biologique particulière au β-galactose trouve un appui dans l'étude de l'excrétion urinaire. Les pouvoirs rotatoires et réducteurs des urines des Rats qui reçoivent le lactose sont très faibles. Ainsi le galactose ingéré sous forme de lactose est complètement utilisé. Par contre les animaux dont le régime renferme 6 ou 20 % de galactose éliminent de 42 à 55 % des quantités ingérées. Ces faits semblent indiquer aussi que le β-galactose est totalement employé, alors que les autres formes, mal utilisables, sont excrétées.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la variation de composition du muscle et du foie au cours du développement du Lapin.* Note de M. **Josef Hrachovec**, présentée par M. Robert Courrier.

Au cours du développement le poids du tissu musculaire augmente relativement plus rapidement que celui de l'animal total; on observe une évolution inverse pour le foie. La comparaison de la composition chimique montre que cet accroissement de la masse musculaire est dû principalement à une augmentation des protéines. Il en résulte une modification profonde et continue de la concentration des autres constituants.

Dans une Note précédente nous avons étudié les variations de la composition du foie au cours du développement du Lapin ([1]). Nous exposons ici une partie des résultats que nous a fournis l'analyse du tissu musculaire.

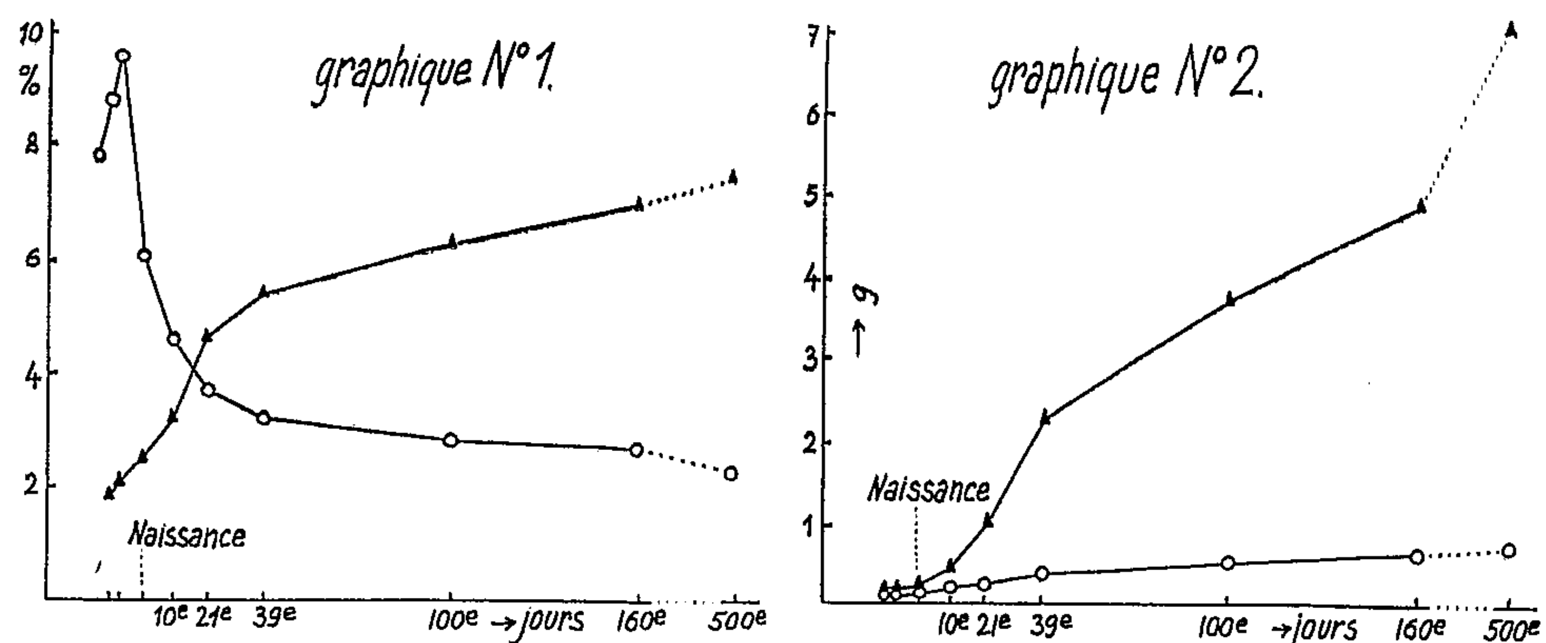
Nous avons analysé des foies et des muscles de Lapins dès le 21e jour de la vie embryonnaire jusqu'à l'âge adulte. Les lipides ont été extraits par l'alcool bouillant suivant la méthode de Kumagawa. Sur l'extrait, repris par le benzène anhydre, nous avons dosé le phosphore lipidique par molybdomanganimétrie et le cholestérol libre par pesée du complexe de digitonine. Après une extraction du résidu dégraissé par l'acide trichloracétique froid à 5% pour enlever les composés phosphoriques acidosolubles, les acides nucléiques ont été extraits par l'acide trichloracétique à 5% pendant 15 à 20 mn cette fois à 90° C. L'acide désoxyribonucléique a été dosé par colorimétrie à la diphénylamine. Le résidu, lavé à l'alcool absolu, centrifugé et séché à l'étuve à poids constant, nous fournit les protéines dont nous avons dosé l'azote total par la méthode de Kjeldahl.

([8]) G. Smith et T. Lowry, *J. Chem. Soc. London*, 1928, p. 666.

([9]) C. Ruber, J. Minsaas et R. Lyche, *J. Chem. Soc. London*, 1929, p, 2173.

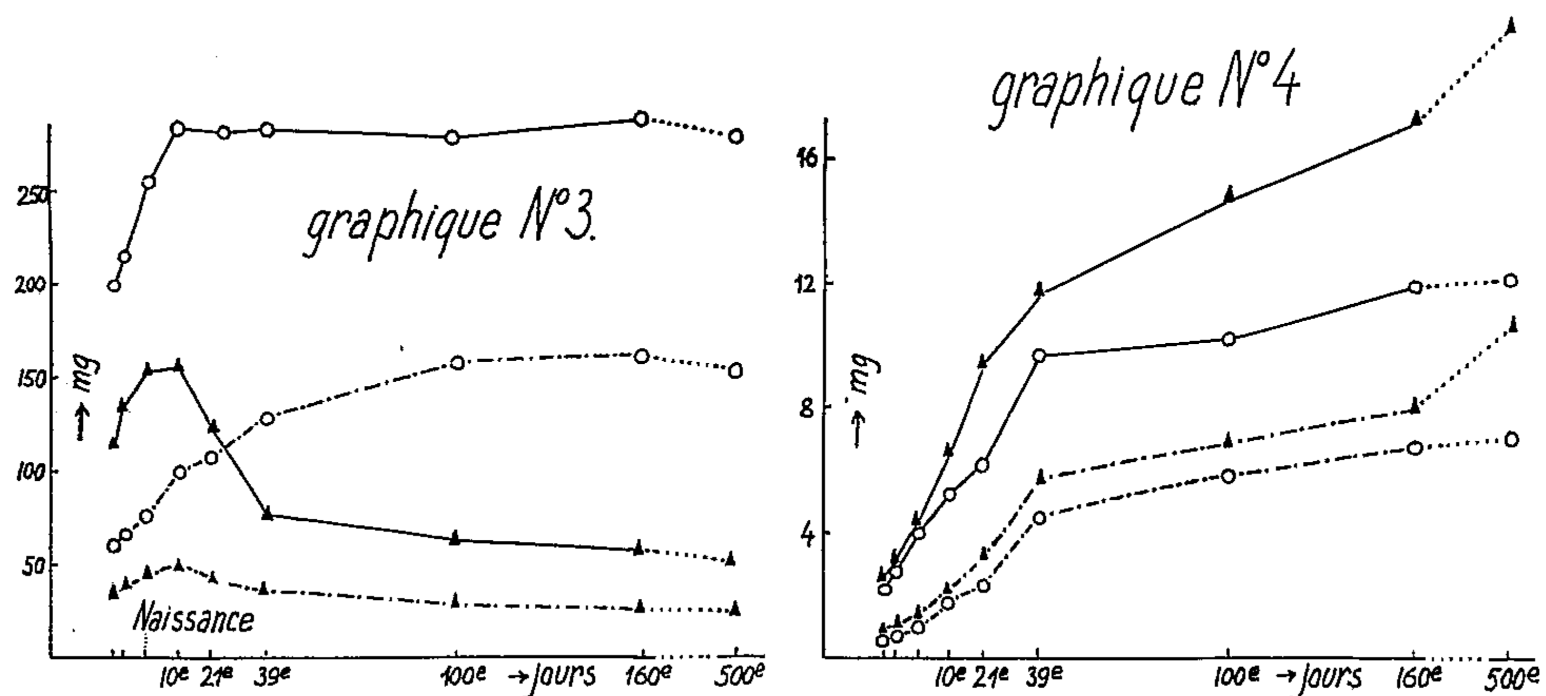
([1]) J. Hrachovec, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1774.

Le graphique n° 1 indique les variations du poids du foie et du poids de la musculature d'un membre inférieur par rapport au poids du corps du Lapin au cours du développement. On voit que les muscles du membre inférieur représentent un pourcentage de plus en plus important du poids du corps : ce



Graphique 1. — Évolution du rapport du poids du tissu au poids de l'animal; pour le foie (OOOO) et le muscle (▲▲▲▲).

Graphique 2. — Évolution des protéines (en g) pour 1 mg de phosphore désoxyribonucléique dans le foie (OOOO) et dans le muscle (▲▲▲▲).



Graphique 3. — Évolution du cholestérol libre (———) et du phosphore lipidique (-.-.-) en mg/100 g frais de foie (OOO) et de muscle (▲▲▲).

Graphique 4. — Évolution du cholestérol libre (———) et du phosphore lipidique (-.-.-) en mg/1 mg de phosphore désoxyribonucléique dans le foie (OOO) et dans le muscle (▲▲▲).

pourcentage est quatre fois plus élevé chez l'adulte (7,5 %) que chez l'embryon du 21ᵉ jour (1,8 %); on observe le contraire dans le cas du foie : son poids relatif est maximum vers le 24ᵉ jour de la vie embryonnaire (9,5 à 10 %) et diminue constamment jusqu'à l'âge adulte (2,1 à 2,3 %).

Si l'on exprime les teneurs en phosphore lipidique et cholestérol libre en milligrammes pour 100 g de muscle et de foie frais (graphique n° 3) on voit

que l'évolution de ces deux composés est à peu près parallèle dans chacun des tissus. Th. Cahn et Bonot, dans leur étude sur le développement embryonnaire du Poulet, avaient observé un fait analogue (²). Les taux de ces composés augmentent dans les deux tissus pendant une période qui s'étend jusqu'à une ou deux semaines après la naissance; à partir de cette date leurs taux diminuent dans le muscle alors qu'ils continuent à augmenter dans le foie pour atteindre à l'âge adulte des valeurs cinq fois plus élevées que dans le muscle.

Les modalités du changement de la composition chimique de ces deux tissus apparaissent différemment si l'on exprime la teneur en phosphore lipidique et cholestérol libre par rapport à l'acide désoxyribonucléique du tissu correspondant. La concentration de ce dernier composant est en effet souvent considérée comme constante pour un noyau et, par suite, pour une cellule d'une espèce donnée (³). Présentée sous cette forme (graphique n° 4), on note que l'évolution du phosphore lipidique du foie est à peu près paralllèle à celle du muscle et qu'il en est sensiblement de même pour le cholestérol libre du foie et du muscle.

L'évolution différente du taux des constituants lipidiques du foie et du muscle (graphique n° 3) ainsi que l'accroissement si rapide du tissu musculaire (graphique n° 1) trouvent en partie leur raison dans un enrichissement continu de la cellule musculaire en protides comme le montrent les variations du rapport protéines/acide désoxyribonucléique (graphique n° 2).

Cette étude nous montre que la composition chimique des tissus du lapin évolue sans cesse et ceci, jusqu'à un âge très avancé. Les divers composés évoluent dans un tissu donné d'une façon très différente. Exprimés en pourcent du poids frais, les taux du phosphore lipidique et du cholestérol libre du foie et du muscle varient dans un sens opposé; rapportés à l'acide désoxyribonucléique correspondant, ces deux constituants lipidiques évoluent pratiquement parallèlement dans ces deux tissus. La chute continue du taux des constituants lipidiques du muscle est due principalement à un enrichissement continu en protéines.

PHYSIOLOGIE. — *Composition des gaz de digestion chez les Ruminants.* Note de M. **Marcel Chaigneau** et Mme **Geneviève Charlet-Lery**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'analyse des gaz de fermentation des ovins soumis à un régime alimentaire classique n'a pas permis de déceler la présence d'éthane soit dans les gaz prélevés directement dans la panse, soit dans les gaz prélevés dans l'anse iliaque.

(²) Th. Cahn et A. Bonot, *Ann. Physiol. Physicoch. biol.*, 4, 1928, p. 399.

(³) A. Boivin, R. Vendrely et C. Vendrely, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1061; J. N. Davidson et J. Leslie, *Biochim. et Biophysic. acta*, 7, 1951, p. 413.

La fermentation des glucides dans la panse des ruminants entraîne un abondant dégagement gazeux dont les multiples aspects ont été étudiés; la composition du gaz de panse en fonction des facteurs pouvant l'influencer a, en particulier, donné lieu à plusieurs travaux ([1]), ([2]).

Les gaz formés sont essentiellement l'anhydride carbonique et le méthane. On trouve, en outre, de l'azote et de l'oxygène qui proviennent de l'air avalé en même temps que les aliments; et, dans des conditions bien précisées, de l'hydrogène sulfuré et de l'hydrogène.

Møllgaard et Moustgaard ([3]), constatant que lors de la combustion des gaz de panse, le rapport entre la contraction volumétrique du mélange gazeux étudié et le volume d'anhydride carbonique formé ne correspond pas à la seule combustion du méthane, émettent l'hypothèse que les gaz combustibles sont un mélange de méthane et d'éthane. Au cours d'études de calorimétrie indirecte, J. Moustgaard ([4]) admet comme normale la présence d'éthane qui se trouve ainsi signalée, pour la première fois, dans les gaz émis par les ruminants.

Seul un dosage direct d'éthane devait permettre de contrôler cette hypothèse.

Les essais entrepris à cet effet ont été conduits sur ovins. Les gaz ont été recueillis par aspiration grâce à un déplacement de mercure, dans une ampoule en verre munie d'un tube en caoutchouc à lumière très étroite. Dans le cas de gaz intestinaux, le tube est introduit directement dans l'intestin, par l'anus; dans le cas de gaz de rumen, le tube est relié à l'orifice d'une fistule artificielle pratiquée dans la panse. On évite ainsi la dilution qui se produit dans les expériences réalisées en cage à confinement, ce qui conduit à des résultats plus certains.

Après transvasement sur la cuve à mercure, les analyses de gaz sont faites selon la méthode de fractionnement de P. Lebeau et A. Damiens ([5]). Cette méthode a été choisie parce qu'elle permet de séparer, avec certitude, le méthane de l'éthane. Les résultats obtenus sont les suivants :

	% en volume		
	I.	II.	III.
Anhydride carbonique	9,4	10,2	34,0
Méthane	50,6	51,9	19,7
Azote	40,0	37,9	39,2
Oxygène	0	0	7,1
Hydrogène	0	0	0
Hydrogène sulfuré	0	0	0
Éthane	0	0	0

([1]) A. F. Pilgrim, *Austr. J. Sci. Res.*, (B), 1, 1948, p. 130.

([2]) L. E. Washburn, S. Brody, *Missouri Agr. Exp. Sto. Bull*, 1937, p. 263.

([3]) H. Møllgaard, Copenhague, Communication personnelle.

([4]) 240 *Beretning fra forøgslaboratoriet*, 1949.

([5]) *Ann. Caimie*, 9e série, 8, 1917, p. 256.

Les analyses I et II sont celles de gaz intestinaux d'un sujet ayant reçu, depuis quinze jours, deux repas par jour constitués par du foin de luzerne et du marc de pomme sec, le prélèvement étant effectué entre deux repas. L'analyse III est celle du gaz de rumen d'un sujet alimenté deux fois par jour au foin de luzerne; dans ce cas, l'échantillon a été prélevé quinze heures après le dernier repas.

Les conditions dans lesquelles nous avons opéré (gaz recueillis directement) nous permettent de conclure que ni les gaz intestinaux, ni les gaz de rumen ne renferment d'éthane. Ces résultats sont d'ailleurs en accord avec ceux de la majorité des auteurs qui ont étudié les phénomènes digestifs chez les Ruminants (6). Nous rappelons, en outre, que la présence d'éthane n'a pas été constatée dans les produits de digestion de la cellulose par les bactéries (7).

ENDOCRINOLOGIE. — *Effet combiné de l'insuline et de l'adrénaline sur la production calorique et la prise de nourriture du Lapin*. Note (*) de MM. **Théophile Cahn** et **Jacques Houget**, présentée par M. André Mayer.

L'administration simultanée d'insuline et d'adrénaline se répercute sur la prise de nourriture et amène une augmentation des échanges dont l'origine doit se trouver dans la stimulation spécifique de réactions de transformation métaboliques.

Chez le Lapin l'alimentation entraîne une augmentation des échanges qui, avec une nourriture abondante, peuvent dépasser de 40 % ceux du jeûneur. Étudiant l'intervention possible de diverses hormones dans le déterminisme physiologique de ce phénomène, nous avons constaté : α. que l'adrénaline fait disparaître l'appétit d'autant plus longtemps que la dose est plus forte : avec 20 γ/kg l'animal cesse complètement de manger pendant 3 h et avec 500 γ pendant 7 h; β. que l'insuline stimule l'appétit : avec 2 unités par kg la prise de nourriture peut augmenter de 75 %. Ces changements importants de l'alimentation entraînent naturellement de fortes variations de la production calorique des animaux, et il est souvent difficile de décider si en plus de leur action sur la prise de nourriture, les hormones envisagées ont une action directe sur la dépense énergétique. Pour pouvoir en juger l'animal doit dans la mesure témoin absorber une quantité d'aliments identique à celle prise pendant l'expérience proprement dite. En opérant ainsi nous avons observé que l'insuline

(6) E. G. Ritzman, F. G. Benedict, *Nutritional physiology of the adult ruminant*, *Carnegie Inst.* Washington, 1938.

(7) Y. Khouvine, *Cellulose et bactéries; décomposition et synthèse*, Paris, Hermann et Cie, éd.

(*) Séance du 12 juillet 1954.

fait augmenter la dépense énergétique de quelques pourcents et que l'adrénaline a une action un peu plus forte. Ainsi ces deux hormones exercent un effet opposé sur la prise de nourriture et stimulent néanmoins les échanges, mais l'augmentation provoquée, tant chez le jeûneur que chez l'animal nourri, est loin d'atteindre celle déclenchée par l'alimentation.

L'effet produit par les hormones est d'ordre métabolique spécifique comme l'attestent les changements du quotient respiratoire qui a une tendance à augmenter après l'administration d'insuline et qui diminue fortement après l'injection d'adrénaline. Nous avons cherché à analyser plus profondément l'action de ces hormones en les administrant simultanément.

Nous utilisons dans nos expériences des lapins mâles de race Zoo pesant de 3,5 à 4 kg et nous effectuons des mesures d'échanges continues pendant 24 h en séparant deux périodes : de 7 et de 17 h. Cette méthode montre que la production calorique d'un animal donné est très constante d'un jour à l'autre.

Nous rapportons dans le tableau ci-contre les résultats obtenus sur deux lapins alimentés recevant par kilogramme deux unités d'insuline et simultanément 55 ou 200 γ d'adrénaline. Avec la faible dose d'adrénaline l'animal absorbe pratiquement la même quantité d'aliments que pendant la période témoin ; l'action stimulante de l'insuline sur la prise de nourriture a donc contrebalancé l'effet déprimant de l'adrénaline. Avec la forte dose d'adrénaline il n'en a pas été de même, et pendant les 7 h suivant les injections l'animal a réduit de plus de moitié son absorption de nourriture. Pourtant dans les deux cas la dépense énergétique des animaux, pendant les sept premières heures d'action des hormones, dépasse d'environ 15 % les valeurs témoins de l'animal nourri et l'augmentation est en fait beaucoup plus importante chez l'animal qui mange moins.

	Mesures des 7 premières heures.			Mesures des 17 heures consécutives.			Total des 24 heures.	
	Calories			Calories			Calories	
Hormones administrées par kg/animal.	absorbées totales.	produites par kg/heure.	Q. R.	absorbées totales.	produites par kg/heure.	Q. R.	absorbées totales.	produites totales.
0	170	3,25	0,927	184	3,03	0,894	354	272
Deux unités d'insuline	180	3,69	0,921	185	3,01	0,874	365	283
+ 55 γ d'adrénaline	+ 5 %	+ 13,5 %	-	-	− 0,5 %	-	+ 3 %	+ 4 %
0	307	3,38	0,977	211	3,19	0,926	518	323
Deux unités d'insuline	129	3,83	0,928	299	3,14	0,926	428	335
+ 200 γ d'adrénaline	− 58 %	+ 14 %	-	+ 40 %	− 1,5 %	-	− 17 %	+ 3,5 %

Ce résultat montre que les effets stimulants de l'insuline et de l'adrénaline se sont non seulement additionnés mais encore amplifiés et que la surproduction de chaleur qu'entraîne l'alimentation peut être encore notablement augmentée par l'action combinée des deux hormones. Pendant les 17 h suivantes du cycle de la journée, on observe une diminution compensatrice des échanges de telle

sorte que la production calorique de 24 h se retrouve à peu près inchangée. La valeur du quotient respiratoire montre que l'augmentation des échanges s'est faite dans un cas sans aucun changement apparent de la nature du combustible et dans le second cas avec un changement léger.

Ainsi, lors de l'injection simultanée d'insuline et d'adrénaline, les effets opposés de ces deux hormones sur la prise de nourriture se neutralisent plus ou moins complètement tandis que leurs faibles effets de stimulation des échanges s'additionnent et s'amplifient, au point que l'augmentation obtenue peut atteindre presque l'ordre de grandeur de celle que provoque la prise de nourriture, et ceci bien que l'alimentation ait amené les échanges largement au-dessus du niveau du jeûne. Dans les conditions de sécrétion physiologique l'action de ces hormones doit être plus efficace et l'on peut conclure qu'elles prennent une part importante dans l'orientation des transformations métaboliques qui suivent l'alimentation et qui se soldent par une augmentation marquée de la production calorique des animaux.

ENDOCRINOLOGIE. — *Sur l'existence d'un état humoral apte à assurer la croissance chez le Rat adulte et senescent.* Note de MM. **Henri Hermann** et **Jean-François Cier**, présentée par M. Robert Courrier.

Les greffes effectuées sur des rats d'âges différents démontrent qu'il existe toujours dans le milieu intérieur des facteurs capables d'assurer la croissance d'un greffon jeune dont le potentiel est en conséquence intact. Ce n'est donc ni à la disparition de facteurs humoraux ni à leur neutralisation par des antihormones qu'est dû l'arrêt du développement statural et pondéral à l'âge adulte.

Dans sa thèse, P. Bert (1866) rapporte que, chez le jeune Rat, des fragments de queue isolés, greffés sous la peau, continuent à vivre et à se développer.

Ces expériences mettaient déjà en évidence l'importance des facteurs humoraux dans les phénomènes de croissance [1]. Si l'existence de ceux-ci apparaît comme indiscutable chez l'individu jeune, il n'en est plus de même chez l'adulte et le problème de leur existence se rattache à celui de l'arrêt inéluctable de la croissance. Faut-il en particulier admettre une modification du milieu humoral dont les facteurs de croissance deviendraient progressivement insuffisants ou seraient neutralisés, spécialement pour ceux de nature protidique, par l'apparition d'antihormones, selon la réaction générale antigène-anticorps?

C'est en reprenant la technique expérimentale de P. Bert qu'il nous est aujourd'hui possible d'apporter une réponse à cette deuxième éventualité, réponse tout au moins valable pour le Rat blanc, souche Wistar.

(*) Séance du 12 juillet 1954.

(1) Elles permettent également d'éliminer l'intervention du système nerveux.

Des fragments de queue, exactement mesurés à 40 mm, prélevés sur des rats jeunes âgés d'une vingtaine de jours et pesant de 25 à 30 g, sont écorchés puis greffés sous la peau du dos soit de rats de même âge (lot n° 1, greffes jeune sur jeune), soit de rats adultes, âgés de 100 à 200 jours et pesant de 150 à 250 g (lot n° 2, greffes jeune sur adulte), soit de rats mâles très vieux, âgés de plus de 400 jours et pesant de 300 à 330 g (lot n° 3, greffes jeune sur vieux).

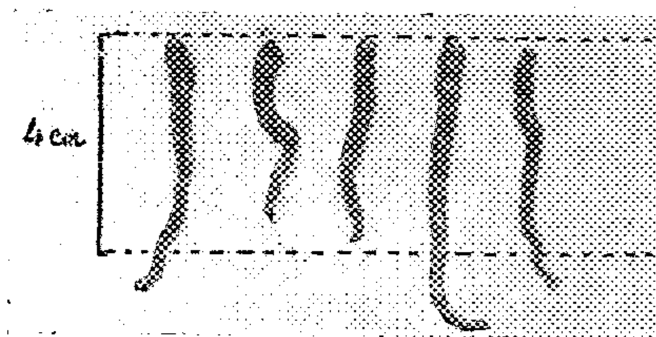


Fig. 1.

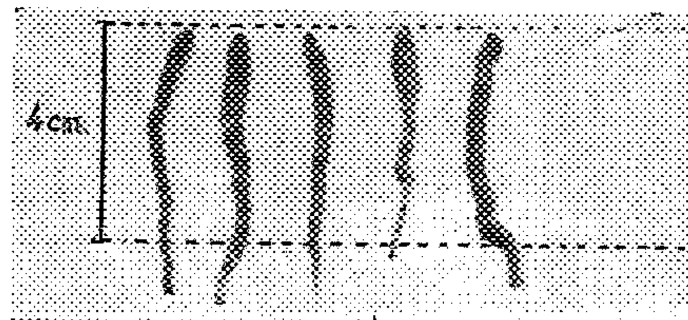


Fig. 2.

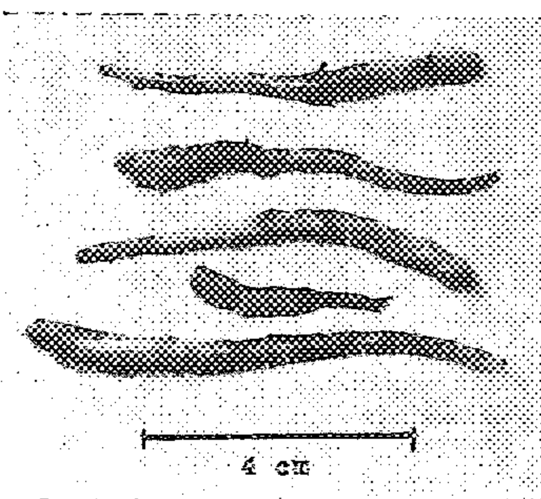


Fig. 3.

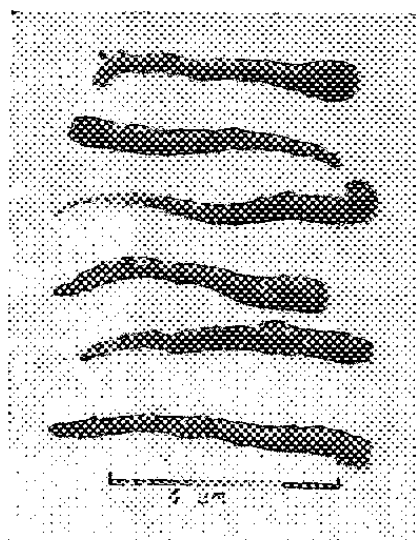


Fig. 4.

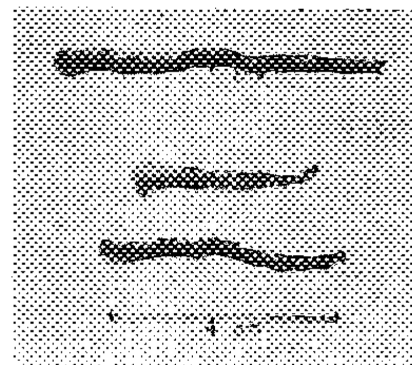


Fig. 5.

Fig. 1. — Queue de jeune Rat greffée sous la peau d'un Rat vieux. Prélèvement du greffon : entre 120 et 150 jours plus tard. Longueur initiale du greffon : 4 cm.

Fig. 2. — Queue de jeune Rat greffée sous la peau d'un Rat vieux. Prélèvement du greffon : entre 90 et 120 jours plus tard. Longueur initiale du greffon : 4 cm.

Fig. 3. — Queue de jeune Rat greffée sous la peau d'un jeune Rat. Prélèvement au bout de 7 mois 25 jours. Longueur initiale du greffon : 4 cm.

Fig. 4. — Queue de jeune Rat greffée sous la peau d'un jeune Rat. Prélèvement au bout de 2 mois 29 jours. Longueur initiale du greffon : 4 cm.

Fig. 5. — Queue de jeune Rat greffée sous la peau d'un Rat adulte. Prélèvement au bout de 7 mois 20 jours. Longueur initiale du greffon : 4 cm.

Les greffons sont ensuite prélevés trois à six mois plus tard, tous les animaux ayant été conservés dans des conditions identiques et ayant en particulier reçu la même alimentation.

Il a été constaté les faits suivants :

1° Dans les trois types d'expériences, on assiste à une croissance du greffon, aussi bien en longueur qu'en épaisseur. La croissance linéaire est parfois extrêmement importante.

2° La croissance du tissu greffé est en général, mais non toujours, plus marquée dans le premier lot de greffes (jeune sur jeune), mais la différence entre le comportement des greffons placés sur un animal jeune et ceux implantés sur un rat adulte ou sénescent porte moins sur la croissance linéaire ultérieure que sur le pourcentage des greffons dont la prise a été certaine et dont l'incorporation à l'organisme porteur peut être considérée comme réelle. En effet, alors que plus de 80 % des fragments de queue greffés chez des jeunes Rats sont rapidement pénétrés par des néo-vaisseaux macroscopiquement visibles et que leur croissance s'accompagne d'une calcification pratiquement comparable à celle d'un fragment de queue homologue pris comme témoin, de nombreux greffons mis sur des rats adultes ou sénescents se comportent comme des transplants. Il n'est pas rare d'assister à leur élimination, et, si on les retrouve quelques mois plus tard, non seulement ils n'ont pas poussé, mais ils présentent une structure particulière, granuleuse, facilement friable.

3° Les variations dans la facilité plus ou moins grande à la prise du tissu greffé résident vraisemblablement dans la consanguinité plus ou moins étroite entre le porteur du greffon et le tissu greffé. Il s'agit presque toujours d'homogreffes ([2]). Mais alors que dans les expériences de greffes jeune sur jeune, le porteur et le donneur sont le plus souvent choisis dans une même portée, la parenté est nécessairement beaucoup plus éloignée lorsque le greffon de tissu jeune est placé sous la peau d'un rat adulte ou d'un rat sénescent.

Ces trois groupes d'expériences démontrent donc que chez le Rat, mis à part des facteurs de spécificité individuelle, un tissu jeune est capable de poursuivre sa croissance lorsqu'on le greffe sur un animal de même espèce, jeune, adulte ou même vieux. Il est donc possible d'affirmer qu'il trouve toujours dans le milieu humoral de son hôte les facteurs de croissance qui lui sont indispensables et que ce n'est donc ni par la disparition de ces derniers, ni dans leur neutralisation par des antihormones qu'il faut rechercher l'arrêt inéluctable de la croissance lorsque est atteint l'âge adulte ([3]).

([2]) Quelques expériences d'auto-greffes ont été réalisées pour le lot n° 1.

([3]) Il y a lieu de noter que, pour Youg, les possibilités de croissance ne sont jamais définitivement épuisées chez le Rat, puisque celle-ci serait susceptible de reprendre à tout âge avec des doses convenables de somatotrophine$_{\alpha}$ hypophysaire (*Biochem. J.*, **39**, 1945, p. 515 et *J. Clin. Endocrinol.*, **11**, 1949, p. 531).

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Essai d'interprétation du mode de formation des ébauches mammaires à bourgeons multiples ou à deux cordons mammaires, chez les fœtus de Souris traités par une hormone œstrogène.* Note (*) de M. ALBERT RAYNAUD et Mme ALBERT RAYNAUD (née JEANNE CHAULIN-SERVINIÈRE), transmise par M. Jacques Tréfouël.

Plusieurs facteurs paraissent intervenir dans cette transformation, que provoquent les œstrogènes, du mode de morphogénèse des ébauches mammaires : en premier lieu l'étalement du matériel cellulaire de l'ébauche, puis l'enveloppe mésenchymateuse qui se constitue précocement, sous l'effet de l'œstrogène, autour des bourgeons mammaires et peut être aussi une action de l'œstrogène sur les cellules mammaires.

Dans une Communication précédente (1) nous avons décrit la formation, sous l'influence d'une hormone œstrogène, d'ébauches mammaires à bourgeons multiples ou à deux cordons mammaires primaires, chez le fœtus de Souris; ces effets posent le problème du mécanisme de cette modification de la morphogénèse de la mamelle; dans cette Note, nous essayons de reconstituer, en nous basant sur l'étude microscopique de stades embryonnaires précoces et d'ébauches diversement modifiées de fœtus à terme, les processus de ces transformations; ces examens histologiques conduisent aux constatations suivantes :

Les ébauches mammaires d'embryons âgés de 14 à 16 jours, provenant de mères ayant reçu une injection d'hormone œstrogène, au 13e jour de la gestation, montrent une prolifération accentuée du matériel cellulaire des bourgeons mammaires; dans les stades plus âgés (17 et 18 jours) on trouve (2) à l'emplacement des bourgeons mammaires, des invaginations ou des dépressions de l'épiderme : à leur partie profonde, parfois élargie, existe un amas épithélial de type épidermique, ayant à sa base des cellules plus basophiles que celles de l'épiderme; les mitoses sont rares dans ce tissu. Chez les fœtus à terme, à la base de ces formations, on trouve plusieurs assises basophiles superposées ou simplement une mince lame de cellules basophiles étalée à la face inférieure de l'amas épidermique (*fig.* 1); tout indique que cette couche d'éléments basophiles, représente le matériel de l'ébauche mammaire ayant subi un étalement latéral, par suite de l'extension (par la prolifération et la transformation épidermique causées par l'œstrogène) des parties supérieures du bourgeon mammaire. C'est de ce matériel basophile que prennent naissance les bourgeons multiples ou les deux cordons mammaires (*fig.* 2-10).

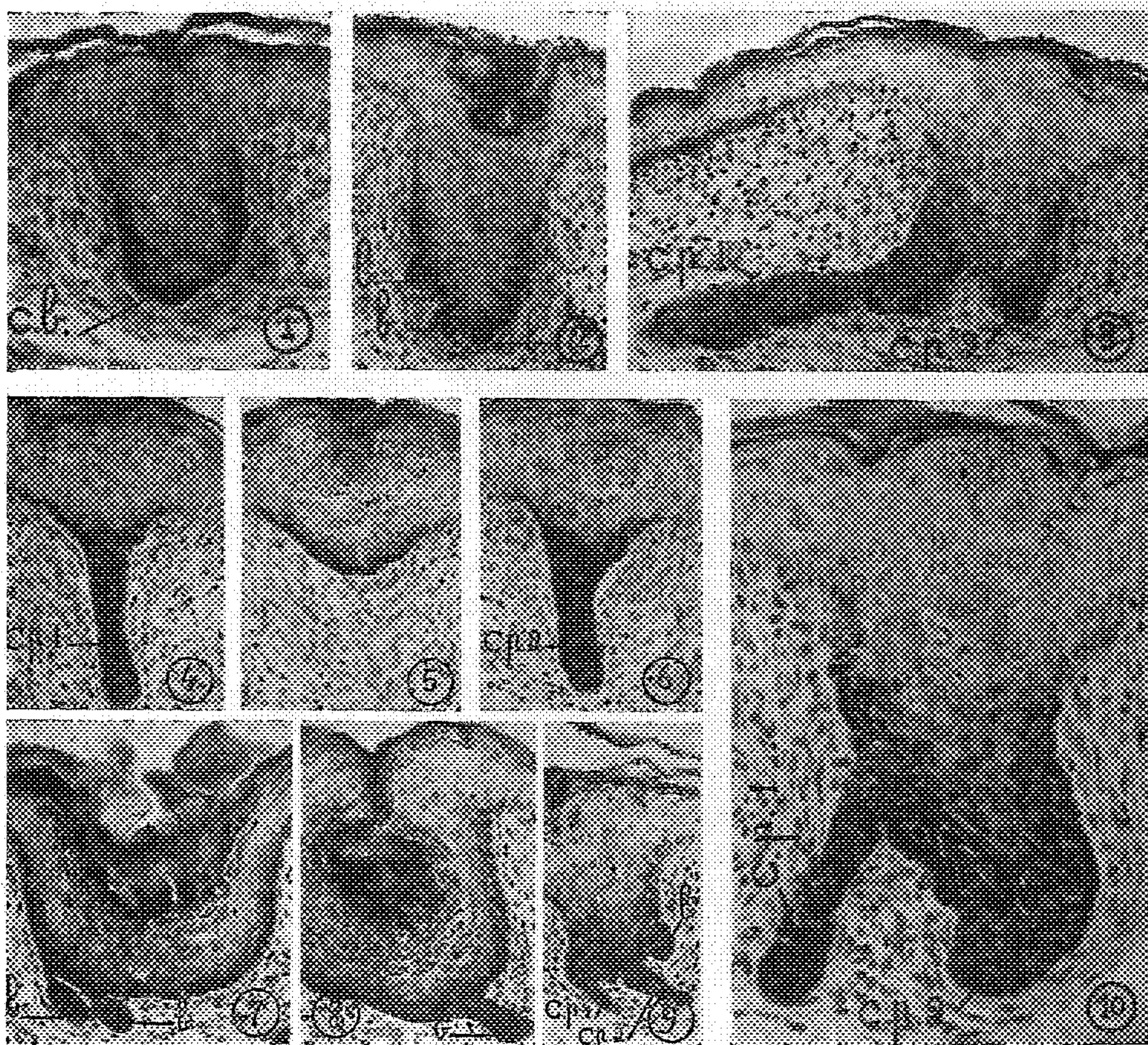
Dans certain cas, les cellules mammaires des ébauches modifiées, sont devenues très fortement basophiles (certaines cellules sont teintées en noir-

(*) Séance du 12 juillet 1954.

(1) A. RAYNAUD et J. RAYNAUD, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 191.

(2) A. RAYNAUD et J. RAYNAUD, *C. R. Soc. Biol.*, 148, 1954, séance du 12 juin.

violet intense par l'hémalun); il est possible que l'œstrogène ait causé une modification du métabolisme des cellules mammaires, se répercutant sur leur capacité de prolifération (cordons de taille très variable).



Photographies (Gr. 115 (1-9) et 230 (10)) d'ébauches mammaires, modifiées par une hormone œstrogène, de fœtus de Souris agés de 18 jours. 1 : cellules mammaires basophiles (c. b.) étalées à la base d'une ébauche: 2 : formation de bourgeons (b.) à partir de cellules basophiles; 3 et 10 : ébauches à 2 cordons primaires (c. p. 1 et c. p. 2) à base contigue; 4 à 6 : ébauche à 2 cordons primaires séparés; 7-8 : ébauche à bourgeons multiples; 9 : ébauche à 2 cordons primaires et 1 bourgeon.

Enfin, l'œstrogène provoque précocement, chez l'embryon (dès le stade de 14-15 jours) la formation d'une enveloppe mésenchymateuse épaisse autour du bourgeon mammaire; chez le fœtus à terme, autour de la partie épithéliale de l'ébauche mammaire, on retrouve (*fig.* 1-3-10), cette enveloppe conjonctive dense, morphologiquement différente du tissu conjonctif voisin.

Ces observations conduisent à interpréter de la manière suivante, les processus de la transformation, provoquée par les œstrogènes, du mode de morphogénèse des ébauches mammaires :

a. Les cellules de l'ébauche mammaire, étalées sur une large surface, au lieu

d'être groupées, peuvent désormais proliférer en diverses régions de cette surface : ainsi pourraient se constituer des foyers de bougeonnement distincts (*fig.* 2-7-8) donnant ensuite naissance à des cordons mammaires voisins (*fig.* 3-9-10) ou nettement séparés (*fig.* 4-6); à cela pourrait s'ajouter l'effet d'une modification du rythme de prolifération des cellules mammaires.

b. L'enveloppe conjonctive épaisse, et de structure particulière, qui s'est constituée chez l'embryon, autour du bourgeon mammaire, a pu s'opposer localement, à la croissance des assises de cellules mammaires basophiles étalées à la base de l'ébauche : ce n'est que là où les bourgeons en prolifération parviendraient à traverser cette barrière mésenchymateuse qu'ils pourraient s'allonger et donner naissance à un cordon mammaire primaire; le mésenchyme péri-mammaire jouerait ainsi un rôle (sans doute par action chimique, et mécanique, probablement liées à des modifications de la constitution chimique de ce tissu) dans la localisation des cordons mammaires. Certains aspects histologiques (*fig.* 3-10) sont en faveur de cette conception.

GÉNÉTIQUE. — *Induction spontanée du développement du bactériophage λ au cours de la recombinaison génétique, chez* Escherichia coli *K* 12. Note (*) de MM. **François Jacob** et **Elie Wollman**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

Au cours des croisements entre *E. coli* K 12 Hfr lysogènes et F⁻ non lysogène, le prophage passe du parent lysogène au parent non lysogène, est induit et se développe dans ce dernier. Ce processus aboutit à la destruction du zygote formé.

Dans les croisements entre *Escherichia coli* K 12 lysogènes (ly^+) et non lysogènes (ly^-) nous n'avons pu démontrer le transfert de la lysogénie du parent F^+ à un recombinant possédant essentiellement le génôme F^- ([1]). Cependant le caractère lysogène segrège et paraît lié à un autre facteur génétique ([2]), ([1]). Comme le prophage λ est inductible, on pouvait se demander si la recombinaison entre F^+ ly^+ et F^- ly^- n'entraînait pas le développement du phage et la destruction des zygotes formés. La découverte de souches donnant une haute fréquence de recombinaison (Hfr) ([3]) permet de vérifier cette hypothèse.

On mélange en bouillon des bactéries Hfr ly^+ S^s (lysogènes sensibles à la streptomycine) et F^- ly^-/λ S^r (non lysogènes, résistantes à λ et à la streptomycine), à raison d'une Hfr pour 20 F^-. Ce mélange est agité à 37° et, à des temps variables, des échantillons sont prélevés, et étalés sur gélose à la streptomycine, avec des bactéries indicatrices, résistantes à la streptomycine mais sensibles au phage λ. Un témoin Hfr est traité de la même facon.

(*) Séance du 12 juillet 1954.

([1]) E. L. Wollman, *Ann. Inst. Pasteur*, 84, 1953, p. 281.

([2]) E. M. et J. Lederberg, *Genetics*, 38, 1953, p. 51.

([3]) L. L. Cavalli et H. Heslot, *Nature*, 164, 1949, p. 1057; W. Hayes, *Cold Spring Harb. Symp.*, 18, 1953, p. 75; M. W. Hayes nous a envoyé ses souches Hfr.

On constate que, dans le mélange, le nombre de centres infectieux augmente linéairement en fonction du temps pour atteindre, vers la 40e minute, un palier qui correspond à environ la moitié du nombre initial d'Hfr. Ce nombre est 100 fois supérieur au nombre de centres infectieux fourni par le témoin. Après la 60e minute le nombre des centres infectieux augmente brusquement pour atteindre vers la 150e minute une valeur 50 à 100 fois supérieure à la valeur atteinte au moment du palier.

La différence entre mélange et témoin Hfr est encore accentuée lorsque du sérum antiphage et de la streptomycine sont ajoutés aux deux tubes dès le début de l'expérience. Le nombre de centres infectieux tombe rapidement à zéro dans le témoin alors que dans le mélange leur nombre n'est réduit que de moitié.

Le développement du phage λ a donc été induit du fait de la mise en contact des Hfr ly^+ avec les F^- ly^-. Il ne peut s'être fait que dans les bactéries F^- (ou dans le zygote) puisque les bactéries Hfr ont été stérilisées par la streptomycine. Si le même croisement est répété avec une souche F^- S^s, l'addition de streptomycine pendant la période latente arrête le développement du phage.

Une démonstration plus directe encore du passage du prophage du Hfr au F^- (ou au zygote) et de son développement dans celui-ci, est apportée par l'expérience suivante. On sait que certaines souches de bactéries confèrent une modification phénotypique aux bactériophages qu'elles produisent ([4]). C'est ainsi que le bactériophage λ(K 12) produit par *E. coli* K 12 (λ), dont l'efficacité d'étalement est identique sur *E. coli* K 12 S et *E. coli* C, n'a plus, après passage sur *E. coli* C, qu'une efficacité très réduite (10^{-2} à 10^{-3}) sur K 12 S. Si le développement du prophage se fait bien dans les bactéries F^- non lysogènes, dans un croisement K 12 Hfr (λ) S^s par C/λ F^- S^r, les bactériophages produits doivent être λ(C) et non λ(K 12). C'est ce que vérifie l'expérience.

Lorsque les bactéries F^- perpétuent un prophage, normal ou défectif, l'immunité que leur confère ce prophage ([5]), les protège également dans une large mesure contre le développement du prophage provenant du parent Hfr.

Si l'on croise des bactéries Hfr surinfectées avec des mutants virulents λ_v ([5]), on n'observe pas ou peu de passage du phage surinfectant vers les bactéries F^-. Ce résultat indique que le transfert du matériel phagique du Hfr au F^- a lieu à l'état de prophage mais non à l'état végétatif. Il indique également que l'induction du développement du phage au cours de la recombinaison se fait dans le F^- (ou le zygote) et non dans le Hfr.

Il est bien évident que l'effet décrit doit apporter des distorsions importantes dans l'analyse génétique de *E. coli* K 12 : ne donnent en effet des recombinants que ceux des zygotes chez lesquels il n'y a pas multiplication du phage.

([4]) G. Bertani et J. J. Weigle, *J. Bact.*, 65, 1953, p. 113.

([5]) F. Jacob et E. L. Wollman, *Cold Spring Harb. Symp.*, 18, 1953, p. 101.

La proportion de ces survivants variera considérablement suivant la nature du croisement. C'est ainsi que dans le croisement Hfr $ly^+B_1^-S^s$ par W 678 $T^-L^-B_1^-ly^-/\lambda S^r$, le nombre de recombinants $T^+L^+S^r$ ne dépasse pas 5 % du nombre initial de bactéries Hfr alors que plus de 50 % de ces bactéries donnent des centres infectieux. Parmi 200 recombinants examinés, aucun n'était lysogène. Dans le croisement comparable où la souche F^- perpétue un prophage défectif, le nombre de recombinants $T^+L^+S^r$ atteint 50 % du nombre initial de Hfr alors que le nombre de centres infectieux ne dépasse pas 5 %. Parmi les recombinants 30 % environ sont des lysogènes normaux.

Le phénomène d'induction spontanée du prophage se retrouve également dans les croisements F^+ly^+ par F^-ly^- et rend donc compte de l'absence observée de transmission de la lysogénie dans ces croisements. Il pourrait également être à l'origine d'autres anomalies constatées lors de l'étude génétique de *E. coli* K 12.

BIOLOGIE. — *Sur la teneur en 17-hydroxycorticostéroïdes du plasma de Saumon* (Salmo Salar *L.*). Note de M. **Maurice Fontaine** et Mlle **Jeanine Hatey**, présentée par M. Robert Courrier.

Le Saumon, capturé en eau douce présente, sauf dans sa phase juvénile sédentaire, une teneur du plasma en 17-hydroxycorticostéroïdes nettement plus forte que celle trouvée chez l'Homme. Cette teneur atteint sa valeur maximum au stade smolt. L'intervention de cette corticostéroïdémie élevée dans le déterminisme du comportement migratoire est envisagée.

Dans le but de poursuivre l'étude du déterminisme endocrinien du comportement migratoire, la teneur du plasma de Saumon en 17-21-dihydroxy 20-cétostéroïdes a été déterminée par la technique de D. H. Nelson et L. T. Samuels [1] sur le Saumon du Bassin de l'Adour aux stades suivants :

— jeune Saumon sédentaire (*parr*) capturé en décembre;
— jeune Saumon en migration vers la mer (*smolt*) (mars-avril);
— adulte au moment de sa migration anadrome (Saumon frais) (mars-avril);
— adulte capturé sur les frayères (Saumon mature).

Le sang, recueilli sur héparine a été prélevé soit par ponction cardiaque (sang veineux *v*) soit par une incision caudale (sang en majeure partie artériel puisque l'aorte dorsale et la veine caudale sont sectionnées, sang *a*). Chez les adultes, ces deux prélèvements étaient effectués sur le même individu et concomitants. Chez les jeunes, ils portaient sur deux groupes différents de poissons.

Le tableau qui suit donne les moyennes des résultats obtenus exprimés en microgrammes de 17-hydroxycorticostérone pour 100 cm³ de plasma. Entre parenthèses, figure le nombre d'animaux sacrifiés (adultes) ou de prélèvements

(1) *J. Clin. Endocrinol. et Metab.*, 12, 1952, p. 519-526.

(jeunes). Les valeurs déterminées sur chacun de ces prélèvements représentent déjà une moyenne, car les sangs de nombreux individus de sexes différents (de 8 à 30 par prélèvement selon les cas) ont été réunis pour obtenir le volume de plasma nécessaire au dosage.

			Saumon frais.		Saumon mature.	
Sang.	Parr.	Smolt.	♂.	♀.	♂.	♀.
c.........	19,6 (2)	85,5 (8)	50,2 (7)	45,3 (15)	31,7 (6)	30,6 (8)
a........	12,7 (1)	99,4 (5)	31,4 (8)	34,7 (14)	21,2 (8)	25,7 (15)

Ces résultats et leur signification statistique seront discutés ultérieurement. Dès maintenant, nous soulignerons les faits suivants :

1° Le Saumon, sauf dans sa phase juvénile sédentaire, présente une teneur du plasma en 17-hydroxycorticostéroides nettement plus élevée que celle trouvée chez l'Homme par Bliss et coll. (2) (13 μg pour les femmes, 15 μg pour les hommes). Quand les hormones corticosurrénales sont dosées par une méthode biologique spécifique des corticostéroides oxygénés en C_{11}, la différence que nous venons de noter entre la teneur du sang humain et celle du sang de Saumon est quantitativement beaucoup plus importante, comme l'a montré l'un de nous (3), le rapport étant alors de 1 à 10.

2° Le sang prélevé au cœur d'un animal est dans la majorité des cas plus riche en 17-hydroxycorticostéroides que celui recueilli à l'artère caudale du même individu.

Ceci s'explique aisément du fait que les îlots d'interrénal antérieur (formation homologue du cortex surrénal) sont situés autour des veines cardinales postérieures, peu avant leur arrivée au sinus veineux. Toutefois la différence est inférieure à celle qui a été signalée chez les Mammifères entre le sang veineux surrénalien et le sang d'autre origine. Ceci ne peut surprendre : dans le cas du Téléostéen, en effet, le sang veineux interrénalien se trouve mélangé dans les veines cardinales à du sang venant de la région caudale et du système porte rénal et le sang de ces veines cardinales lui-même se trouve dilué lors de son arrivée au sinus veineux par celui des autres veines afférentes.

3° La teneur en 17-hydroxycorticostéroïdes est tout particulièrement élevée au stade *smolt*. Ce résultat doit être confronté à diverses données antérieurement acquises et traduisant certaines particularités du Saumon au stade *smolt* en ce qui concerne l'équilibre hydrominéral (4), l'intensité du fonctionnement

(2) E. L. Bliss, A. A. Sandberg, D. H. Nelson et K. Eik-Nes, *J. Clin. Invest.*, 32, 1953, p. 818-823.

(3) J. Hatey, *Arch. Internat. de Physiologie*, 1954 (sous presse).

(4) M. Fontaine, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2477.

thyroïdien ([5]) et le métabolisme glucidique ([6]). Les rapports pouvant exister entre ces divers phénomènes seront discutés dans un prochain Mémoire.

Il faut noter par ailleurs que le *smolt* manifeste une grande activité motrice qui semble bien caractériser le premier temps de la migration puisqu'elle conduit le *parr* à quitter le lit accidenté des gaves où il trouvait des zones de calme relatif pour venir nager en plein courant et y subir l'avalaison. Or, dans diverses conditions expérimentales, l'influence de ces hormones corticales sur l'activité motrice et sur la capacité au travail du muscle de certains Mammifères a été mise en évidence.

Nous nous proposons de rechercher si ces composés exercent une action analogue chez les Téléostéens. Dans l'affirmative, la connaissance de cette corticostéroidémie élevée pourrait contribuer à l'explication du comportement migratoire à ce stade.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Effets de l'implantation d'un testicule chez les femelles des Crustacés Isopodes terrestres.* Note de M. **Jean-Jacques Legrand**, transmise par M. Louis Fage.

L'implantation de testicules chez les ♀ adultes détermine au bout de trois mois l'apparition de la totalité des caractères sexuels secondaires mâles, sans empêcher la ponte, l'incubation ni la mise à bas; chez les ♀ jeunes l'implantat induit en 2 mois le développement des tractus mâles.

J'ai exposé dans une Note précédente ([1]) les premiers résultats concernant l'implantation de testicules chez les ♀ de divers Oniscoïdes : dès la première mue post-opératoire les ♀ ayant reçu un implantat au moins 21 jours avant la mue présentent un développement des caractères sexuels secondaires mâles des pléopodes et une régression des ovocytes. A la deuxième mue apparaissent des soies mâles sur les deux premières paires de péreiopodes, tandis que les ♀ matures offrent un développement des oostégites suivi d'une ponte réduite. Ces résultats, obtenus par implantation homoplastique chez *Oniscus asellus* L. et *Porcellio dilatatus* Brandt, ont été étendus depuis à deux autres espèces : *Porcellio lævis* Latreille et *Armadillidium nasatum* B. L. Les ♀ implantées étaient soit normales, soit partiellement ovariectomisées : l'ovariectomie partielle, pratiquée chez *A. nasatum*, ne semble pas accélérer le développement des caractères sexuels secondaires mâles.

Parmi les résultats nouveaux les plus significatifs je signalerai tout

([5]) M. Fontaine, J. Leloup et M. Olivereau, *Arch. Sc. Physiol.*, 6, 1952, p. 83-104.

([6]) M. Fontaine et J. Hatey, *Physiol. comparata et oecologia*, 2, 1953, p. 37-52.

([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2030.

d'abord ceux qui concernent deux ♀ adultes : *Porcellio dilatatus* NGt 4 et *Porcellio lævis* NGt 1.

La première, ayant reçu un implantat testiculaire le 10 mars, a mué le 5 avril, présentant simultanément l'apparition des oostégites suivie d'une ponte, et une différenciation mâle des pléopodes. Elle a mis bas au bout de 40 jours 30 pulli, ce qui constitue une durée d'incubation un peu plus longue que la normale (2-3 jours) et surtout une portée faible pour une ♀ de sa taille (contre 60 à 80 pulli chez les ♀ normales). Elle a mué de nouveau le 6 juin en présentant une disparition du marsupium et un développement de l'ensemble des caractères sexuels secondaires mâles sous une forme presque adulte : brosses de soies sur les deux premières paires de péreiopodes, septième paire de péreiopodes présentant une concavité ischiale caractéristique du mâle. Le septième péreiopode gauche, prélevé peu après la première mue, a régénéré sur une forme également mâle; les gonopodes sont entièrement différenciés dans le sens mâle et ceux de la première paire sont coaptés avec une grande apophyse génitale. Ainsi l'implantat testiculaire induit en trois mois la totalité des caractères sexuels secondaires mâles en respectant leur ordre normal d'apparition. Il est cependant remarquable que ce résultat soit acquis en deux mues, séparées par l'intermue prolongée correspondant à l'incubation et à la période post-parturiale (60 jours). Cet intervalle correspond en fait à deux intermues normales, or l'état de différenciation mâle, comparé à celui qu'acquièrent normalement les ♀ implantées à la deuxième mue post-opératoire (cf. *Oniscus asellus* NGt 1, Note précédente), est bien celui qui serait acquis en trois mues normales. Ainsi la différenciation des appendices ne dépend-elle pas du numéro d'ordre de la mue mais de la durée effective de l'implantation, c'est-à-dire de l'état du milieu intérieur. Ce résultat rappelle ceux qui concernent la régénération d'un variant sexuel chez un mâle adulte.

Porcellio lævis NGt 1, implanté le 18 mars, a mué le 30 mars avec apparition du marsupium et ponte, mais sans différenciation mâle des pléopodes. Elle a mis bas 30 jours après une portée de 17 pulli. Lors de la mue suivante, le 18 mai, de nouveaux oostégites sont apparus mais aucun œuf n'a été pondu. Par contre des gonopodes mâles rudimentaires se sont différenciés.

Ainsi dans les deux cas, l'implantation d'un testicule détermine une régression assez marquée des ovocytes dans l'ovaire du porte greffe, mais elle n'empêche pas le développement du marsupium, la ponte, l'incubation des œufs, ni la parturition. Elle abrège cependant la période de reproduction (qui comprend normalement deux à trois pontes) en tarissant la maturation des ovocytes. Réciproquement le déroulement de ces processus n'inhibe pas l'induction des caractères sexuels secondaires mâles par l'implantat.

Enfin la dissection de deux jeunes ♂ de *Porcellio dilatatus* (NGt 8 et NGt 14) ayant présenté dès la première mue un rudiment d'apophyse génitale et sacrifiées deux mois après l'implantation apporte un résultat nouveau : les rudiments de canaux déférents qui prolongent normalement l'ovaire et se terminent au voisinage de l'insertion péreion-pléon (Legrand et Vandel 1950) sont considérablement développés en épaisseur et présentent un coude analogue à celui d'un canal déférent normal. Leur développement est certainement responsable de l'apparition de l'apophyse génitale, conformément à l'hypothèse que j'ai formulée dans la Note précédente ([1]). Simultanément les tractus antérieurs, homologues des utricules testiculaires, ténus et courts chez une ♀ adulte, se sont allongés mais restent vides de gonocytes.

Ainsi l'implantat testiculaire agit non seulement sur les caractères sexuels secondaires mais aussi sur la structure de l'ovaire du porte greffe, provoquant le développement des tractus mâles. Ces expériences confirment l'existence chez les Oniscoïdes d'un mécanisme hormonal de différenciation du sexe ([2]).

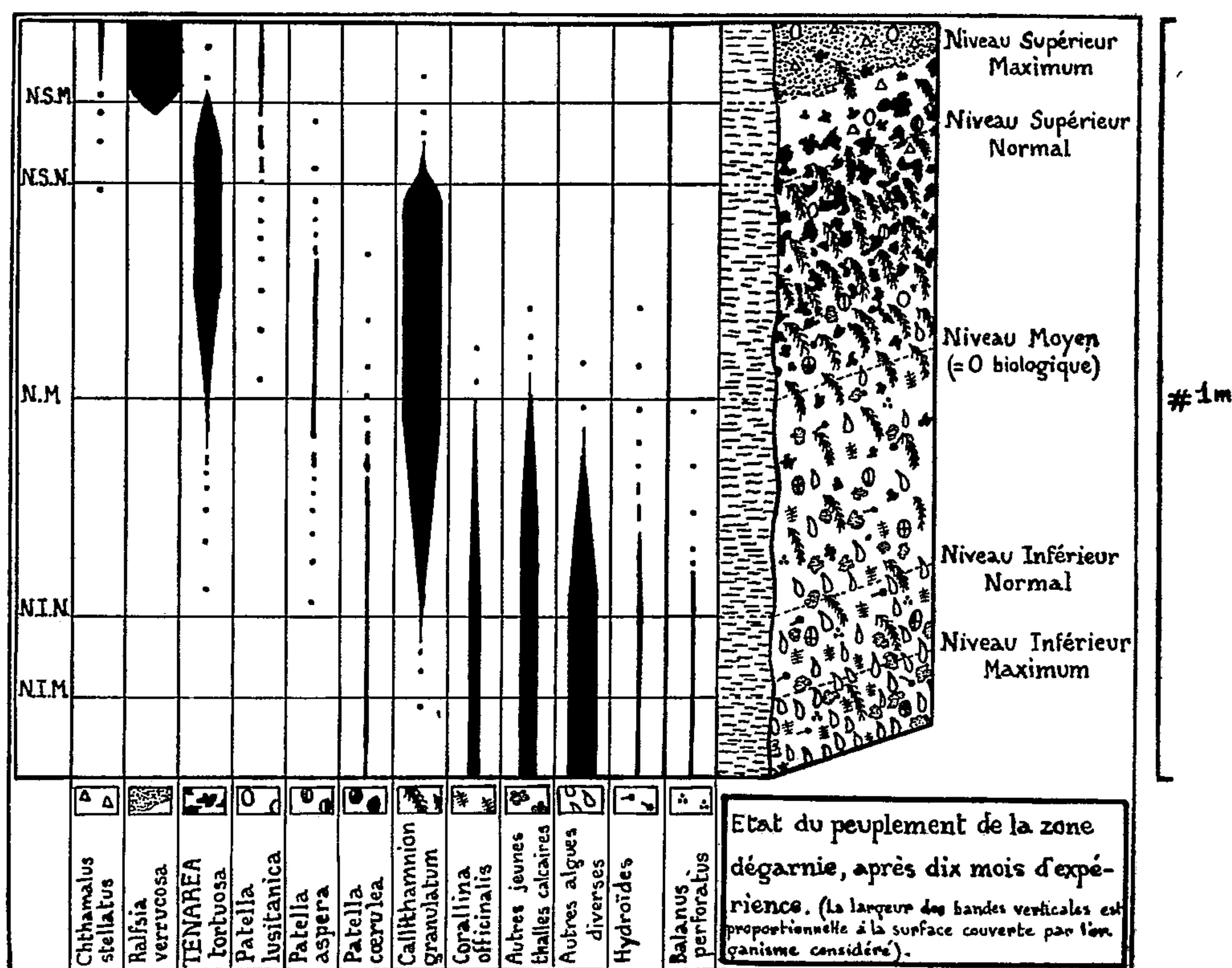
BIOLOGIE MARINE. — *Étude expérimentale de la réinstallation d'un « trottoir à Tenarea », en Méditerranée occidentale.* Note de M. **Pierre Huvé**, transmise par M. Louis Fage.

Dans le but d'étudier certains aspects biologiques de la réinstalllation d'un « trottoir à *Tenarea* », nous en avons, en juillet 1953, dégarni une portion préexistante jusqu'à mise à nu de la roche. Cette expérience se situe au Mont-Rose (Golfe de Marseille). La côte (calcaire Urgonien) est orientée dans l'ensemble face au Nord-Ouest et est de mode battu. La portion dégarnie, du fait des irrégularités de la côte, est plus spécialement orientée au Nord. Les eaux, quoique relativement chargées en matières organiques, n'atteignent jamais, par suite de courants locaux, la pollution présentée en d'autres lieux du Golfe. Cette station nous a parue convenable car le « trottoir » y atteint 0,4 à 0,6 m de largeur et les *Tenarea* semblent prospères.

1° L'ordre d'apparition des différentes populations d'organismes sessiles se résume ainsi : *Une semaine :* Des algues microscopiques épilithes, Cyanophycées et Chlorophycées (*Hyella cæspitosa*, *Mastigocoleus testarum*, *Calothrix parasitica*, *Gomontia polyrhiza*, etc.) confèrent à la roche une teinte verdâtre. *Un mois :* De jeunes algues diverses apparaissent, surtout au-dessous du niveau moyen. Parmi celles-ci, *Callithamnion granulatum* (taille 6 à 7 mm) domine. Il y a également de nombreux jeunes thalles calcaires (taille 0,5 mm^2) encore indéterminables. *Deux à quatre mois :* Les *Callithamnion* dominent et forment une « strate-élevée ». En « sous-

([2]) J.-J. Legrand, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 108.

strate » se répartissent les thalles calcaires, dont certains doivent être rapportés à *Corallina officinalis*, et quelques populations animales (surtout Hydroïdes). *Quatre à six mois :* A la suite des conditions hydrodynamiques hivernales (ressac persistant), des thalles de *Tenarea tortuosa* apparaissent nombreux, même à un niveau très supérieur à celui occupé normalement par le « trottoir ». *Six à dix mois :* Le peuplement oscille entre une prédominance des populations de *Callithamnion* (dominantes en « strate élevée ») et d'algues à thalles calcaires encroûtants (dominantes en « sous-strate ») : les interactions entre ces deux sortes d'organismes étant surtout sous la dépendance des conditions hydrodynamiques.



2° Compte tenu des époques de reproduction, la faune s'installe assez rapidement. Dès les premiers mois on note, sur la roche, la présence d'espèces telles que *Chthamalus stellatus*, *Balanus perforatus*, *Patella lusitanica*, *P. aspera*, *P. cœrulea*, *Actinia equina* (certains éléments vagiles peuvent provenir de régions voisines). Cette installation semble indépendante de celle des *Tenarea* et doit être ramenée au processus habituel de peuplement d'une place libre. C'est seulement après 7 à 8 mois, lorsque les thalles de *Tenerea* ont 1 à 2 cm de diamètre, que nous observons des exemplaires de la faune habituelle des interstices du « trottoir » : *Brachy-*

dontes (*Mytilaster*) *minimus*, *Oncidiella celtica*, *Lasæa rubra*. Cette faune de petite taille, ainsi qu'il ressort d'observations effectuées récemment sur les ponces des Iles Lipari, doit être considérée simplement comme inféodée à un substrat dur, microcaverneux, de la zone intertidale plutôt que comme exclusive des *Tenarea*.

3° Dans la zone dégarnie la répartition des organismes n'est pas uniforme mais résulte d'interactions diverses (besoins physiologiques, concurrence ou appui mutuel, etc.) dont le principal facteur semble être l'humectation. Le « trottoir », considéré comme une formation de la zone intertidale, possède normalement son maximum de largeur au Niveau Moyen des marées. Or en février-mars 1954, à la suite d'une mer longtemps agitée, on remarquait la présence de jeunes thalles de *Tenarea* jusque dans l'aire occupée par les *Ralfsia*, avec une abondance particulière (50 thalles au décimètre carré) entre le Niveau Supérieur Maximum et le Niveau Supérieur Normal, là où la concurrence des *Callithamnion* notamment est moins vive. L'abondance de ces thalles de *Tenarea*, et surtout leur extension verticale au-dessus du niveau normalement atteint par le « trottoir » voisin, sont ainsi dues aux conditions hydrodynamiques. Ceci semble prouver que ce n'est pas la marée par elle-même, d'ailleurs très irrégulière, qui joue le rôle primordial mais le facteur « moyenne régulière d'humectation ». L'extension verticale du « trottoir à *Tenarea* » paraît, au premier abord, se situer entre deux niveaux tidaux car c'est entre ces deux limites bionomiques, supérieure et inférieure, que se rencontre le maximum de probabilités d'une humectation favorable. Une preuve supplémentaire nous est fournie par le fait suivant : lorsque la topographie locale détermine un ressac régulier, le « trottoir » occupe un niveau plus élevé (fond des fissures par exemple).

4° Par ailleurs il résulte de nos observations que les *Tenarea*, constituant essentiel du biotope envisagé, peuvent s'établir directement sur la roche nue sans constituer un stade d'une succession écologique. L'établissement du *climax* peut donc être direct mais se trouve fréquemment contrarié et freiné par le jeu d'interactions dues à d'autres organismes sessiles.

Nous espérons, si les conditions le permettent, assister, au delà d'un simple placage de *Tenarea*, à la reconstitution d'un véritable « trottoir ».

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence du glucose sur la synthèse de lévane et de levansucrase par des cultures de* Bacillus subtilis. Note de MM. **Raymond Dedonder** et **Claude Péaud-Lenoël**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Le glucose empêche la synthèse de la lévane par des cultures de *Bacillus subtilis*, mais n'empêche pas la synthèse de la levansucrase.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons montré que *B. subtilis* cultivé sur du saccharose à 6 %, transforme rapidement la totalité de ce glucide en lévane, glucose et fructose. L'enzyme responsable de ces réactions, la levansucrase ([2]) est adaptatif, et cesse de se former quand tout le saccharose est épuisé.

On sait ([2]), ([3]) que le glucose est, *in vitro*, un inhibiteur de la levansucrase. En vue de préciser le devenir de cet enzyme en fin de culture, il nous a paru intéressant de rechercher si le glucose n'inhibait pas également la synthèse de la levansucrase.

A cette fin, nous avons cultivé *B. subtilis* en présence d'un mélange de saccharose à 6 % et de glucose à 6 %. Nous avons suivi la synthèse de la lévane dans le milieu de culture et la synthèse de la levansucrase par des suspensions bactériennes, avec la méthode décrite dans notre Note précédente ([1]).

Le tableau I compare les quantités de lévane formées dans une telle culture, et dans une culture sur saccharose seul.

TABLEAU I.

Synthèse de lévane en cultures.

I. Sur saccharose + glucose.			II. Sur saccharose seul.		
Temps (h).	Densité optique microbienne.	Lévane formée (g %).	Temps (h).	Densité optique microbienne.	Lévane formée (g %).
15	0,36	0,12	21	0,21	0,20
19	0,98	0,57	25	0,46	0,68
24	2,06	0,57	29	1,08	1,00
39	6,00	0,52	36	3,80	1,24

En présence de saccharose + glucose, il ne se synthétise que moins de 50 % de la lévane formée sur saccharose seul : en culture comme *in vitro*, la synthèse de lévane est inhibée par le glucose.

Si l'on suit la synthèse de levansucrase, on voit en comparant les valeurs ([3]) du tableau II, qui sont proportionnelles à la quantité d'enzyme par bactérie, que les microbes cultivés en présence du mélange saccharose + glucose contiennent autant d'enzyme que ceux cultivés sur saccharose seul.

Le glucose inhibe donc bien dans les cultures comme *in vitro* la synthèse de la lévane par la levansucrase mais la synthèse de cet enzyme n'est pas modifiée par la présence du glucose.

([1]) G. PÉAUD-LENOËL et R. DEDONDER, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 203.

([2]) S. HESTRIN et S. AVINERI-SHAPIRO, *Biochem., J.*, 38, 1944, p. 2.

([3]) R. DEDONDER et C. NOBLESSE, *Ann. Inst. Pasteur*, 85, 1953, p. 356.

TABLEAU II.

Synthèse de la levansucrase.

A chaque prélèvement, les bactéries sont centrifugées et remises en suspension dans un tampon PO_4, 0,066 M. On agite 10 ml de suspension contenant 10 % de saccharose pendant 3 h à 30°. Après agitation, on mesure la densité optique totale de la suspension et la densité optique de la lévane formée; on obtient par différence la densité optique microbienne, dans la suspension.

Bactéries cultivées sur					
I. Saccharose + glucose.			II. Saccharose seul.		
(1).	(2).	(3).	(1).	(2).	(3).
17h	0,082	0,94	16h 30	0,10	1,14
21h	0,17	1,08	21h	0,21	1,04
25h	0,28	1,12	25h	0,48	1,12

(1) Age de la culture au moment du prélèvement.
(2) Densité optique de la culture au moment du prélèvement.
(3) Rapport : Densité optique de la lévane/densité optique microbienne dans la suspension.

PHARMACOLOGIE. — *Mise en évidence de l'action excito-ganglionnaire de l'acétyl-β-méthylcholine sur l'intestin isolé de Rongeurs.* Note (*) de Mmes JEANNE LÉVY et ESTERA MICHEL-BER, présentée par M. Léon Binet.

L'acétyl-β-méthylcholine est capable de manifester, à doses élevées, sur le duodénum isolé de Rat, comme sur l'iléum de Cobaye, des effets excito-ganglionnaires caractérisés par une action biphasique dont la phase dépressive est de nature adrénergique. Ces effets comparables à ceux que la nicotine exerce sur les mêmes organesésérinés, sont renforcés par l'ésérine.

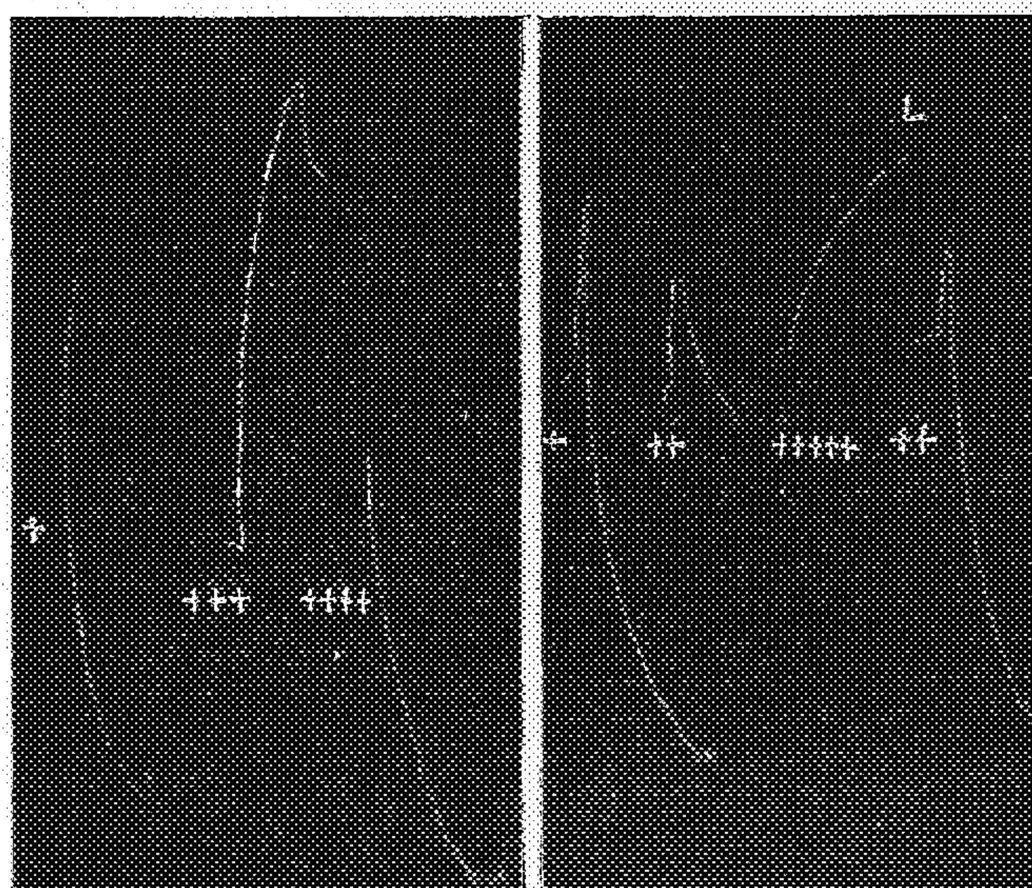
Pour de nombreux auteurs, Hunt et Renshaw (1), Hunt (2), Simonart (3), Jeanne Lévy et Tchoubar (4), l'acétyl-β-méthylcholine était considérée comme une substance parasympathomimétique dépourvue de propriétés « nicotiniques ». Cependant, Fellows et Livingstone (5) ont obtenu chez le Chat et le Chien, à moelle sélectionnée, décapités ou non, une action « nicotinique » qui ne se manifeste, d'ailleurs, qu'après injection intraveineuse de fortes doses d'acétyl-β-méthylcholine.

Nous avons pu mettre en évidence sur l'intestin isolé de Rongeurs

(*) Séance du 12 juillet 1954.
(1) *J. Pharm.*, 25, 1925, p. 315.
(2) *J. Pharmacol.*, 52, 1934, p. 61.
(3) *J. Pharmacol.*, 46, 1932, p. 157; *Arch. intern. Pharm. Therap.*, 48, 1934, p. 328.
(4) *J. Physiologie*, 45, 1953, p. 161.
(5) *J. Pharmacol.*, 71, 1941, p. 187.

(duodénum de Rat et iléum de Cobaye) des effets excito-ganglionnaires provoqués par l'acétyl-β-méthylcholine comparables à ceux qu'exercent sur les mêmes organes ésérinés la nicotine et l'acétylcholine [Jeanne Lévy et E. Michel-Ber ([6])].

Tandis que, sur le duodéum de Rat, aux concentrations variant de 5.10^{-9} à 5.10^{-6}, le chlorure d'acétyl-β-méthylcholine provoque une action spasmogène plus ou moins prolongée, aux concentrations variant de 0,75 à 1.10^{-5}, il exerce une action biphasique, spasmogène puis dépressive prolongée. Les mêmes effets excito-ganglionnaires sont obtenus sur l'iléum de Cobaye avec des concentrations variant de $7,5.10^{-7}$ à $1,25.10^{-6}$ (*fig.*).



Iléum de Cobaye maintenu en survie dans 40 cm³ de Tyrode.

En + administration de 20 µg de chlorure d'acétyl-β-méthylcholine. En ++ administration de 5 µg de chlorure d'acétyl-β-méthylcholine. En +++ administration de 80 µg de chlorure d'acétylcholine. En ++++ administration de 40 µg de perchlorate d'ester nitrique de choline. En +++++ administration de 1 µg de sulfate d'ésérine.

En présence de sulfate d'ésérine ($2,5$ à 5.10^{-8}), l'action biphasique provoquée par le chlorure d'acétyl-β-méthylcholine, apparait avec des concentrations plus faibles que celles que l'on est amené à utiliser sur l'organe non ésériné; notamment, sur l'iléum ésériné de Cobaye, ces concentrations ne dépassent pas $1,25$ à $2,5.10^{-7}$ (*fig.*).

La disparition de la phase dépressive de l'action provoquée par l'acétyl-β-méthylcholine en présence de dibromure de pentaméthonium (5 à 10.10^{-6}) et de chlorure de *d*.tubocurarine (5.10^{-6}) sur le duodénum ésériné de Rat ou de

---

([6]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2574.

dibromure de pentaméthonium (1 à 1,5.10^{-5}) sur l'iléum ésériné de Cobaye, est en faveur de l'origine ganglionnaire de cet effet.

La nature adrénergique de la phase dépressive semble être démontrée par la suppression de cette phase par le chlorhydrate d'yohimbine (5 à 10.10^{-6}) et le tartrate d'ergotamine (1,25.10^{-6}) sur le duodénum ésériné de Rat ou de chlorhydrate d'yohimbine (10^{-5}) sur l'iléum ésériné de Cobaye. En présence de sympatholytiques, l'action biphasique que le chlorure d'acétyl-β-méthylcholine manifeste sur le duodénum de Rat fait place à un effet spasmogène important et prolongé.

La facilité avec laquelle il est possible de mettre en évidence, sur les intestins isolés non ésérinés de Rongeurs, les effets excitoganglionnaires de l'acétyl-β-méthylcholine alors que les effets de l'acétylcholine ne sont apparents, sur les mêmes organes, qu'en présence d'anticholinestérasiques tels que l'ésérine ou la prostigmine ([6]), peut en partie s'expliquer par la présence, notamment dans l'intestin de Rat, d'une quantité prépondérante de pseudocholinestérase ([7]) dépourvue d'effet hydrolysant vis-à-vis de l'acétyl-β-méthylcholine. Notons que l'ester nitrique de la choline dont les propriétés excitoganglionnaires chez le Chien, sont bien connues et qui n'est pas hydrolysé par la pseudocholinestérase ([8]), exerce sur l'intestin isolé non ésériné de Rongeurs des effets excitoganglionnaires (*fig.*), comparables à ceux provoqués par l'acétyl-β-méthylcholine, effets exaltés sous l'influence de l'ésérine. Rappelons aussi que chez le Chien ([8]) les effets parasympathomimétiques manifestés par l'acétyl-β-méthylcholine et l'ester nitrique de la choline, injectés par la voie intraveineuse, ne sont pas renforcés par l'ésérine, alors que celle-ci exalte considérablement les effets hypotenseurs de l'acétylcholine en empêchant son hydrolyse enzymatique, au cours de son transfert par voie sanguine.

PHARMACOLOGIE. — *Anticholinestérasiques. I. Synthèse de diphénoxyalcanes porteurs d'une ou deux fonctions phénoliques libres.* Note de MM. **Albert Funke, Jean Bagot** et Mlle **France Depierre**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

Dans un ensemble de publications précédentes, parues dans ces *Comptes rendus*, nous avons décrit les propriétés pharmacologiques (transmission neuromusculaire) d'un certain nombre de sels d'ammonium quaternaires des *bis*-phénoxyalcanes. Nous avons constaté que l'activité anticholinestérasique était maximum quand la chaîne comportait trois atomes de carbone et que la fonction ammonium quaternaire était en position méta par rapport à cette chaîne

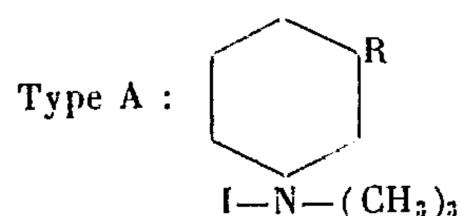
---

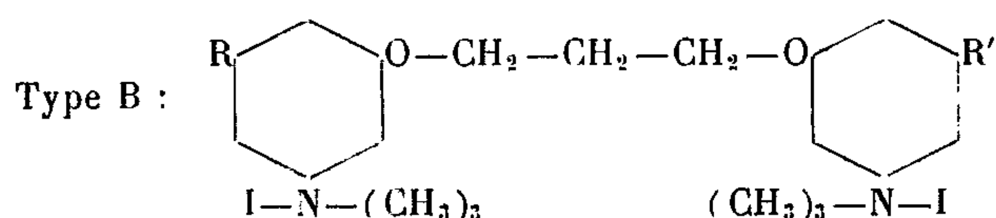
([7]) M. G. Ord et R. H. S. Thompson, *Biochem. J.*, 46, 1950, p. 346.
([8]) E. Kahane et Jeanne Lévy, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 18, 1936, p. 479.

(Tableau, Type B), en particulier pour le di-iodométhylate du *bism*-diméthyl aminophénoxypropane (2 842 CT).

Nous avons pu aussi mettre en évidence l'intensification de cette activité par l'adjonction d'une fonction uréthane en meta par rapport aux deux premières substitutions, soit sur l'un (3 152 CT), soit sur les deux noyaux aromatiques (3 113 CT).

Il était intéressant de compléter cette série par l'étude des dérivés correspondants possédant en méta une fonction phénolique libre : 3 443 CT et 3 116 CT. Ce dernier (3 116 CT) avait déjà été obtenu par l'un de nous [1], mais par une méthode donnant de trop faibles rendements pour permettre des essais pharmacologiques. Nous avons comblé cette lacune et il nous est permis maintenant de comparer cet ensemble de corps (Tableau, Type B) aux composés plus simples (Tableau, Type A) tels que l'iodure de phényltriméthylammonium (PHT), l'iodure d'hydroxyphényltriméthylammonium (2861 CT), l'iodure de méthoxyphényltriméthylammonium (2 904 CT) et la Prostigmine.

Type A : 

Type B : 

				I. Actions :			II. Activité anticholinestérasique Cholinestérases de chien.	
CT.	Type.	R.	R'.	Toxique (lapin).	Curariforme (chat).	Décurarisante (chat).	Globulaire (*a*).	Plasmatique (*b*).
PHT	A	$-H$	–	0,05	0,5	0,025	1.10^{-3}	10^{-4}
2 861	A	$-OH$	–	0,02	0,05	0,25	5.10^{-5}	10^{-4}
2 904	A	$-OCH_3$	–	0,003	0,005	0,025	1.10^{-3}	1.10^{-3}
Prostigmine	A	$-OCON(CH_3)_2$	–	1	1	1	1.10^{-8}	1.10^{-8}
2 842	B	$-H$	$-H$	0,03	0,03	1	5.10^{-8}	1.10^{-3}
3 443	B	$-OH$	$-H$	4	10	2	1.10^{-9}	5.10^{-5}
3 152	B	$-OCON(CH_3)_2$	$-H$	30	10	10	6.10^{-10}	5.10^{-9}
3 116	B	$-OH$	$-OH$	4	10	2	2.10^{-10}	5.10^{-5}
3 023	B	$-OCH_3$	$-OCH_3$	0.08	0,1	0,05	1.10^{-5}	5.10^{-3}
3 113	B	$-OCON(CH_3)_2$	$-OCON(CH_3)_2$	25	10	10	1.10^{-9}	5.10^{-8}

CT. Référence des produits du Laboratoire de Chimie Thérapeutique de l'Institut Pasteur.

I. L'activité de la Prostigmine est prise comme unité. Les produits sont injectés par voie intraveineuse.

II. Concentration moléculaire des produits provoquant, *in vitro* par la méthode de Warburg, une inhibition de 50% de l'activité cholinestérasique. Dans les deux cas, le substrat est l'acétylcholine aux concentrations respectives de (*a*) 0,0025 M, (*b*) 0,06 M.

Pour la synthèse du dérivé symétrique, comportant deux fonctions phénoliques libres, nous avons tout d'abord repris la condensation directe du bromure

de triméthylène avec deux molécules de nitrorésorcine (1) mais des produits secondaires, difficiles à séparer, entraînent des pertes importantes et les rendements sont très faibles.

Au contraire, si l'on transforme en uréthane l'une des deux fonctions phénoliques de la nitrorésorcine et si l'on effectue la condensation avec ce monoester, on obtient de bons rendements (F 143° N % calc. 11,36; tr. 11,43). Par la potasse, en solution dans l'alcool méthylique, les deux fonctions phénoliques sont libérées avec 75 % de rendement en dinitrodiphénol symétrique (F 202° N % calc. 8,00; tr. 7,90). Après réduction, on isole le diaminodiphénol cristallisé (F 114° N % calc. 9,15; tr. 9,35). L'action de l'iodure de méthyle fournit enfin l'ammonium quaternaire. C'est un produit blanc, bien cristallisé et stable (F 162° (dec.) — N % calc. 4,44; tr. 4,47).

Toutefois, pour la préparation du dérivé asymétrique monophénolique (3343 CT), la première méthode donne des rendements acceptables. On fait réagir 1 mol de *m*-nitrophénol et 1 mol de bromure de triméthylène; puis, sur le deuxième atome de brome non touché, on peut condenser 1 mol de nitrorésorcine. Mais ici aussi, il est préférable de passer par l'intermédiaire de l'uréthane (F 100° N %, calc. 10,09; tr. 10,36). L'hydrolyse alcaline fournit le dinitromonophénol asymétrique (100 % rendement. N % calc. 8,38; tr. 8,33). La réduction en amine des fonctions nitrées et la quaternisation conduisent ensuite à l'ammonium quaternaire (3343 CT) qui peut être recristallisé dans l'eau (F 192°. I % calc. 40,77; tr. 40,69, 1/2 H_2O).

Nous avons constaté que le dérivé diphénolique (3116 CT) est doué de propriétés anti-acétylcholinestérasiques supérieures à celles de l'ester carbamique correspondant (3113 CT). Cette observation s'oppose aux résultats trouvés avec la prostigmine où la fonction uréthane joue un rôle déterminant (2) dans cette activité.

Nous développerons dans une seconde publication l'étude pharmacologique de ces dérivés phénoliques.

La séance est levée à 15 h 45 m.

L. B.

---

(1) A. Funke, W. Krucker, *Bull. Soc. Chim.*, 20, 1953, p. 744.
(2) L. O. Randall et G. Lehmann, *J. Pharmacol.*, 99, 1950, p. 16.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 10 août 1953.)

Note présentée le même jour, de M. *Jacques Riguet*, Sur les rapports entre les concepts de machine de multipole et de structure algébrique :

Page 426, note de bas de page (8), *au lieu de* $\bigwedge$, *lire*, $\wedge$.

» 427, 3e ligne, *après* $\overline{\mathrm{D}}$, *ajouter* (10).

» » note de bas de page (10), 2e ligne, *au lieu de* $(x_1 x_3, 0, x'_1, . x_2)$, *lire* $(x_1 x_3, 0, x'_1 x_2)$.

(*Comptes rendus* du 8 mars 1954.)

Note présentée le même jour, de M. *Alfred Eliahu Simchen*, Sur la variation du pH avec la dilution :

Page 1123, 3e ligne, *au lieu de* (2), *lire* (2).

» » formule (2'), *au lieu de m* dans le dénominateur du côté droit, *lire m/a*.

» » 7e ligne en remontant, *supprimer* car.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 JUILLET 1954.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

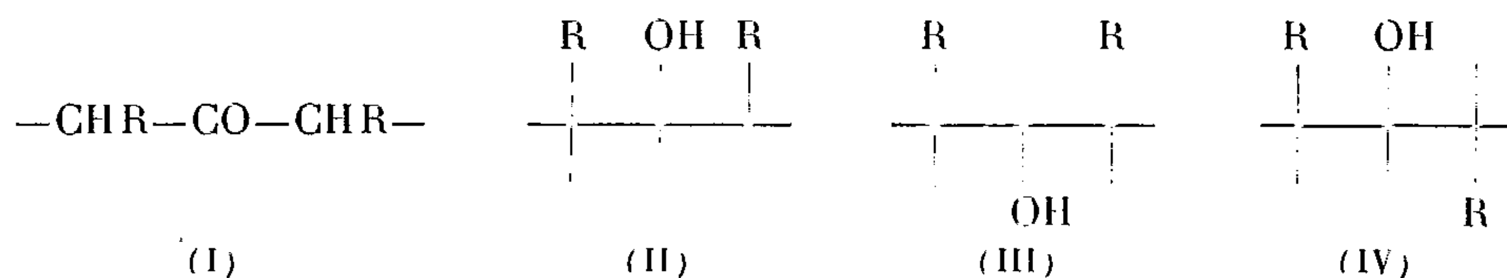
MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles études stériques concernant des cyclohexanones et des cyclohexanols substitués symétriquement en α et α'.* Note (*) de MM. **Raymond Cornubert** et **Pierre Lafont**.

Ces études montrent en particulier que la seule théorie de l'empêchement stérique ne permet pas, même dans la représentation en chaise du noyau cyclohexanique, d'interpréter les activités relatives des groupes hydroxyle des trois alcools stéréoisomères correspondant aux deux cétones isomères de type (I).

Il a été précédemment établi que l'α.α'-diméthylcyclohexanone I*a* représente un mélange des formes *cis* et *trans* ([1])



R : série *a*, CH_3; série *b*, *n*—C_3H_7; série *c*, C_2H_5.

De plus l'étude des alcools correspondants a montré l'existence des transpositions (II*a*) → (III*a*) ← (IV*a*) sous l'influence du sodium à 200°.

Similairement nous avons examiné divers homologues de ces dérivés méthylés.

A. *αα'-dipropylcyclohexanones et cyclohexanols* (série *b*). — Cette cétone (I*b*)

(*) Séance du 19 juillet 1954.

([1]) *a*. R. Cornubert, P. Anziani, R. André, M. De Demo, R. Joly et P. Robinet, *Bull. Soc. chim.*, (5), 12, 1945, p. 367; *b*. R. Cornubert, P. Anziani, A. Aubry, P. Hartmann et M. Lemoine, *Bull. Soc. chim.*, (5), 17, 1950, p. 631.

paraissait constituer un mélange de ses formes *cis* et *trans* [2]; cependant une étude plus détaillée s'imposait qui a confirmé ce résultat.

Vavon et Anziani [3] ayant hydrogéné le 2.6-dipropylphénol-1 au platine en dipropylcyclohexanol ont décrit un alcool (II*b*) F 26° oxydable en une cétone liquide que le sodium et l'alcool absolu ont réduite en un alcool (III*b*) F 113°. L'oxydation de ces deux alcools les a conduits à la même cétone de semicarbazone F 167°; de plus ces auteurs purent transposer partiellement l'alcool F 26° en l'alcool F 113° par chauffage avec du sodium. Nous avons de notre côté noté les faits suivants :

1° La cétone initiale, en milieu alcalin à froid, a fourni une oxime F 63-64° (de carbanilidoxime F 98-99°) et une oxime restée liquide conduisant à une carbanilidoxime F 142°.

2° L'oximation en milieu acétique a engendré une oxime qui s'est maintenue à l'état liquide, de carbanilidoxime F 142°.

3° Cette oxime F 63-64° (dont l'hydrogénation en milieu alcalin ou acide fournit la même amine homogène de dérivé benzoylé F 147-148°, oxime qui dérive donc de la cétone *trans*) donne par hydrolyse une cétone dont l'oximation en tous milieux conduit et à l'oxime F 63-64° et à l'autre oxime de carbanilidoxime F 142°. Il y a donc inversion, très probablement au cours de l'hydrolyse de l'oxime.

4° Quant à l'oxime restée liquide, elle a fait conclure à l'existence de deux dérivés benzoylés d'amine, à côté du précédent.

5° L'amine qui se rattache à l'oxime F 63-64°, traitée par l'acide nitreux, a engendré un alcool liquide (de phényluréthanne F 86-87° et de dinitrobenzoate F 75°) dont l'oxydation chromique a donné une cétone qui a été convertie en l'oxime F 63-64° avec un excellent rendement.

6° La réduction de la cétone initiale par le platine en milieu acétochlorhydrique, a fait isoler un mélange d'alcools car le phényluréthanne F 95° de l'alcool F 26° et le dinitrobenzoate F 75° de l'alcool relevant de la cétone *trans*, ont pu être caractérisés. L'alcool F 26° a engendré une cétone qui n'a permis que l'isolement de la carbanilidoxime F 142° correspondant à la forme *cis*.

7° La réduction de la cétone initiale au moyen du sodium a donné l'alcool F 113° à côté d'huiles; ces dernières, converties en phényluréthanne, ont fait isoler celui se rattachant à l'alcool F 113° à côté de portions de bas point de fusion ; cet alcool est donc un mélange. La réoxydation de l'alcool F 113° a fourni une cétone donnant une oxime liquide qui a été convertie en la carbanilidoxime F 142° correspondant à la cétone *cis*.

8° Toutefois, à l'opposé de ce que l'on observe dans la chimie diméthylée,

---

(2) P. Anziani, A. Aubry, P. Bourguignon et R. Cornubert, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 943.

(3) *Bull. Soc. Chim.*, (5), 4, 1937, p. 1080.

l'alcool relevant de la cétone *trans*, n'a pu être transposé, même après un chauffage de 100 h à 200° avec du sodium.

B. *α.α'-diéthylcyclohexanones et cyclohexanols (série C)*. — Il a été constaté que cette cétone I*c* est un mélange des formes *cis* et *trans* car il a été isolé : *a.* deux oximes, l'une solide F 77° (de carbanilidoxime F 105°), l'autre restée liquide (de carbanilidoxime F 106°-108°; mélange F 99-101°); *b.* deux semicarbazones F 179° et F 185° (mélange F 168°-171°); *c.* trois phényluréthannes F 146-147° [d'un alcool F 84-85° (III *c*)], F 131-132° [d'un alcool qui paraît être (IV*c*)] et F 82-84° (d'un alcool qui serait alors (II *c*)]. Jusqu'ici seuls les deux premiers alcools ont été obtenus à l'état pur. De plus l'alcool présumé être (IV*c*) a pu être transposé partiellement en l'alcool (III*c*) par le sodium à 200°. Cette étude se poursuit.

C. *Activités réactionnelles comparées des cyclohexanols des types* (II), (III) *et* (IV). — Par la saponification des phtalates acides il a été établi précédemment ([1b]) que le dérivé de l'alcool (IV *a*) se saponifie plus vite que celui de son isomère (III *a*), celui provenant de l'alcool (II *a*) s'hydrolysant encore plus lentement que ce dernier. Cet ordre de réaction a été retrouvé avec les phtalates acides des α.α'-dibenzyl ([4]) et dipropylcyclohexanols comme il ressort des valeurs suivantes des constantes de vitesse :

phtalates acides des cyclohexanols α.α'-.	diméthylés k ([1b]).		dibenzylés k.		dipropylés k.	
(II).............	0,048	1	0,132	1	0,025	1
(III).............	0,26	5,4	0,52	3,9	0,098	3,9
(IV).............	0,77	16	1,72	13	0,246	9,8

Ces nombres, que n'interprètent ni la représentation plane ni la représentation en chaise du noyau cyclohexanique en utilisant la notion classique d'empêchement stérique ([5]), doivent être comparés verticalement mais non horizontalement pour une raison qui sera précisée ultérieurement.

PHYSIOLOGIE. — *Indice chronologique vestibulaire et « frontières cliniques » de l'intoxication arsenicale*. Note (*) de MM. **Georges Mouriquand, Jacques Bourret**, Mme **Violette Edel** et Mlle **Renée Chighizola**.

Par des recherches antérieures nous avons montré que le plomb ([1]),

([4]) En ce qui concerne les alcools eux-mêmes, *voir* R. Cornubert, P. Anziani, M. Descharmes et Mme Lafont-Lemoine, *Bull. Soc. chim.*, 20, 1953, p. 816.

([5]) R. Cornubert, *Bull. Soc. chim.*, 1953, p. 42.

(*) Séance du 19 juillet 1954.

([1]) G. Mouriquand, V. Edel, L. Roche et R. Chighizola, *C. R. Soc. Biol.*, 146, nos 15-16, p. 1209.

le benzol ([2]), étaient comme le CO (G. Bourguignon et coll.) fortement élévateur de l'indice chronologique vestibulaire (L. Lapicque) ou chronaxie vestibulaire (C. V.) (G. Bourguignon) aussi bien chez l'Homme que chez le Pigeon.

Des recherches chronaximétriques plus récentes ([3]) nous ont permis d'établir que l'arsenic (sous la forme d'anhydride arsénieux était également un puissant élévateur de la C. V. aussi bien chez le Pigeon que chez l'Enfant.

Dans les cas précédemment envisagés, les doses étudiées d'As de 45 γ, 90 γ, 135 γ, 270 γ, 900 γ, 1350 γ, 2250 γ, se sont montrées « non toxiques », au sens clinique du mot n'ayant entraîné aucune manifestation pathologique même fruste, chez nos animaux.

Seule l'action de l'As (à doses quotidiennes) s'est manifestée sous la forme d'une élévation progressive de la C. V. passant par exemple de 12 σ à 30 σ (la rapidité d'élévation de la C. V. était généralement parallèle à l'importance des doses) (chiffre maximum atteint du 30[e] au 65[e] jour).

Nous étions restés dans ces cas (comme dans ceux de thérapeutique infantile) dans la zone d'intoxication inapparente uniquement manifestée par l'élévation de la C. V.

Il était important d'aller jusqu'aux « frontières de l'intoxication clinique » et de voir comment ce stade d'intoxication était annoncé par la C. V.

A ce point de vue nous avions déjà les résultats de notre étude (avec R. Charonnat et coll.), sur les « frontières de l'intoxication clinique » par l'amino-2 pyridine ([4]) qui nous avait permis de noter le choc chronaxique par abaissement brusque de la C. V. avec des doses allant de un demi à 12,5 mg bien avant l'arrivée aux frontières de l'intoxication clinique « (à 15 mg) précédant de peu la mort.

En ce qui concerne l'arsenic (aussi bien anhydride arsenieux qu'arseniate de Na), ce n'est qu'avec la dose de 4600 γ que les frontières de l'intoxication clinique ont été atteintes. A ce niveau de l'intoxication tantôt les animaux sont morts, tantôt ils ont résisté. Mais dans les deux cas la C. V. a subi des modifications profondes. Au lieu de la montée lente et progressive de la C. V. avec les doses précédentes, s'est installée rapidement une véritable « anarchie chronaxique » dont voici des exemples.

Parmi ceux ayant abouti à la mort, nous avons noté (prise chronaxique de 5 en 5 ou 10 mn).

([2]) G. Mouriquand, V. Edel, L. Roche et R. Chighizola, *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, n[os] 7-8, 1952, p. 165.

([3]) G. Mouriquand, J. Bourret, V. Edel et R. Chighizola, *C. R. Soc. Biol.*, 148, 1954, p. 692.

([4]) G. Mouriquand, R. Charonnat, P. Lechat, V. Edel, J. Chareton et R. Chighizola, *C. R. Soc. Biol.*, 148, 1954, p. 340.

Anhydride arsenieux : départ 10 σ, puis 11 σ, 13 σ, 0 σ, 8 σ, 8 σ, 2 σ, 0,25 σ, 1 σ, 0,25 σ (mort).

La même « anarchie » chronaxique vestibulaire a été observée chez ceux qui ont survécu à la même dose de 4500 γ As. Exemple :

A l'anhydride arsenieux : 14 σ (départ) 14 σ, 8 σ, 14 σ, 16 σ, 8 σ, 5 σ, 1 σ, 1 σ, 1 σ, 2 σ (a résisté).

A l'arseniate de Na : 15 σ (départ) 0 σ, 5 σ, 5 σ, 9 σ, 10 σ (a résisté).

[Notons qu'avec 1250 γ pendant la première heure les valeurs ont régulièrement monté de la façon suivante (de 5 en 5 mn) 10 σ (départ) 10 σ, 10 σ, 12 σ, 14 σ, 18 σ, 19 σ, 21 σ, 21 σ, 22 σ].

En résumé avec des doses d'As allant de 45 γ à 2250 γ, seule l'élévation progressive de la C. V. indique le degré d'imprégnation arsenicale, sans manifestations cliniques d'intoxication. Cette élévation se fait avec régularité (atteignant suivant les cas et généralement les doses le plafond chronaxique en 30 ou 65 jours environ). Par contre avec 4500 γ nous entrons dans la dose mortelle ou prémortelle annoncée par un trouble profond de la C. V. du type « anarchie chronaxique » notée dès la première heure.

CORRESPONDANCE.

Le Président du **Comité d'organisation** invite l'Académie à se faire représenter aux Cérémonies qui auront lieu à Toulouse, les 4 et 5 novembre 1954, pour commémorer le Centième anniversaire de la naissance de **Paul Sabatier**.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Edgar Goldschmid. *Essai de physiognomonie d'après des portraits modernes. — Nosologia naturalis.*

2° Commission de coopération technique en Afrique au Sud du Sahara. *Comptes rendus de la troisième Conférence internationale pour la protection de la faune et de la flore en Afrique. Bukavu,* 26-31 *octobre* 1953, *Congo belge.*

3° *Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen.* 3. Folge.

TOPOLOGIE. — *Sur les classes essentielles des coïncidences de deux représentations.* Note (*) de M. **Josef Weier**, présentée par M. Henri Villat.

Soient P une variété euclidienne et finie avec dim $P > 2$, f une représentation continue de P en elle-même, F la classe de toutes les représentations homo-

(*) Séance du 19 juillet 1954.

topes à f de P en elle-même. De plus désignons par ζ un nombre ayant les propriétés 1° et 2° suivantes : 1° chaque représentation de F a pour le moins ζ points fixes; 2° il y a une représentation dans F, qui possède ζ points fixes précisément. Alors un théorème connu [Nielsen ([1]) et Wecken ([2])] enseigne que : *le nombre ζ et le nombre des classes essentielles des points fixes de f* [définies par Nielsen ([1])] *sont égaux.*

Ce théorème — *mutatis mutandis* — reste valable aussi pour les coïncidences de deux représentations :

Soient P_1 et P_2 des variétés topologiques et compactes avec

$$\dim P_1 = \dim P_2 > 2,$$

g et h des représentations continues de P_1 en P_2, G la classe de toutes les paires (g_1, h_1) de l'espèce suivante : g_1 est homotope à g, h_1 est homotope à h. Alors le point q de P_1 est dit « *coïncidence* » de g_1 et h_1 quand $g_1(q) = h_1(q)$. Soit η un nombre possédant les propriétés suivantes : 1° chaque élément dans G a au moins η coïncidences; 2° il y a un élément dans G, qui a η coïncidences précisément. On peut alors démontrer le théorème que voici :

Théorème. — *Le nombre η et le nombre des classes essentielles des coïncidences de g et de h (définies ci-dessous) sont égaux.*

Il nous reste encore à donner une explication sur les « classes essentielles » des coïncidences de deux représentations.

A cette fin adoptons les significations P_1, P_2, g, h comme ci-dessus; en outre soient a et b des coïncidences de g et h. Alors la « *classe* » des points a et b est la même, quand il y a une courbe $(c^\tau, 0 \leqq \tau \leqq 1)$ des points c^τ de P_1 avec $c^0 = a$ et $c^1 = b$, — et une représentation $d : (\sigma, \tau) \to P_2$, les nombres σ et τ parcourant tous les nombres dans $[0, 1]$, avec les propriétés (1) et (2) :

$$(1) \qquad d(\sigma, 0) = g(a) \quad \text{et} \quad d(\sigma, 1) = g(b) \quad (\text{pour } 0 \leqq \sigma \leqq 1),$$

$$(2) \qquad d(0, \tau) = g(c^\tau) \quad \text{et} \quad d(1, \tau) = h(c^\tau) \quad (\text{pour } 0 \leqq \tau \leqq 1).$$

Au cas où $P_1 = P_2 = P$, $g = f$ et $h(p) = p$ pour tout point p de P, les conditions (1) et (2) et les conditions pour les classes des points fixes, données par Nielsen ([1]), sont en accord.

Le nombre des classes des coïncidences de g et h est fini. Soient $A_1, \ldots, A_m$ ces classes. Puis chaque A_i est un ensemble compact. Pour tout nombre $i \neq j$ l'ensemble A_i est étranger à A_j, et la distance de A_i à A_j est positive. Pour cette raison il existe un ensemble U ouvert en P_1 tel que $A_j \subset U$ et $A_i \bar{U} = 0$ pour tout nombre $i \neq j$. Ensuite il est possible de construire une représentation g' homotope à g de P_1 en P_2 et une représentation h' homotope à h de P_1 en P_2 avec les propriétés suivantes : $g'(p) = g(p)$ et $h'(p) = h(p)$ pour

([1]) *Acta math.*, 50, 1927, p. 189, et 53, 1929, p. 1.
([2]) *Math. Ann.*, 118, 1941, p. 544.

tout point p de $P_1 - U$; sur U le nombre des coïncidences de g' et h' est fini. Cela veut dire, que nous remplaçons g et h par deux représentations g' et h' telles que g' et h' aient au plus un nombre fini de coïncidences en U. Cette méthode correspond aux méthodes d'approximation utilisées dans la théorie des points fixes. On remplace la représentation d'un ensemble en lui-même par une représentation homotope, ayant au moins un nombre fini de points fixes. [*Voir* par exemple Hopf (³) et Hirsch (⁴).] Enfin : la classe A_j est nommée une « *classe essentielle* », quand la somme des indices des coïncidences de g' et h' sur U est $\neq 0$.

Ajoutons une remarque encore, concernant l'indice d'une coïncidence de deux représentations. Soient V un ensemble ouvert dans un espace euclidien R, r un point dans V, f_1 et f_2 deux représentations continues de U en R, $f_1(r) = f_2(r)$ et $f_1(p) \neq f_2(p)$ pour tout point p de $V - r$; de plus $f_0(p) = p + (f_2(p) - (f_1(p))$ pour tout point p de V. Alors f_0 est une représentation continue de V en R, $r = f_0(r)$ et $p \neq f_0(p)$ pour tout point p de $V - r$; et de plus : l'indice du point fixe r de f_0 et l'indice de coïncidence r de f_1 et f_2 sont égaux.

ASTROPHYSIQUE. — *Photométrie d'une éclipse de Lune. Répartition de l'ozone.* Note (*) de M. **Ernest Vigroux**, présentée par M. André Danjon.

Les mesures de la densité de l'ombre, dans le domaine visible, sur des spectres correspondant à des trajets très différents en altitude et à des latitudes très voisines, permettent de déterminer la distribution de l'ozone en altitude.

L'étude photométrique des clichés, pris au cours de l'éclipse de janvier 1953, permet de mesurer les densités de l'ombre Δ_λ pour 13 spectres, dont 3, numérotés de I à III se rapportent au Soleil levant, les autres, numérotés de IV à XIII, au Soleil couchant. A partir de Δ_λ on mesure l'épaisseur réduite e d'ozone et la masse d'air m relatives à chaque spectre. On en déduit h (¹), altitude minimum à laquelle est passé le faisceau moyen, d'où finalement e en fonction de h. On calcule la répartition de l'ozone suivant la verticale, exprimée par l'épaisseur réduite $\delta(z)$ par unité de longueur à l'altitude z, à l'aide de la relation

$$\delta(z) = -\frac{1}{\pi\sqrt{2R}}\int_z^{+\infty} \frac{dh}{\sqrt{h-z}}\,dh,$$

R désignant le rayon de la Terre.

(³) *Math. Z.*, 29, 1929, p. 493.
(⁴) *Bull. Sc. math.*, 67, 1943, p. 158.

(*) Séance du 19 juillet 1954.
(¹) Link, *Bull. Astr.*, 8, 1932, p. 77.

La latitude φ_0 du milieu de la partie efficace du terminateur de l'ombre varie de 17° à $0^\circ,50$ du spectre V au spectre XIII et de 9° à $0,50$ de VII à XIII. Pour $h > 21$ km on extrapole $e(h)$ par continuité graphique de manière que $e = 0$ pour 50 ou 60 km, ou encore on impose au tracé de satisfaire aux mesures fournies par l'emploi des V_2 : les répartitions obtenues diffèrent très peu.

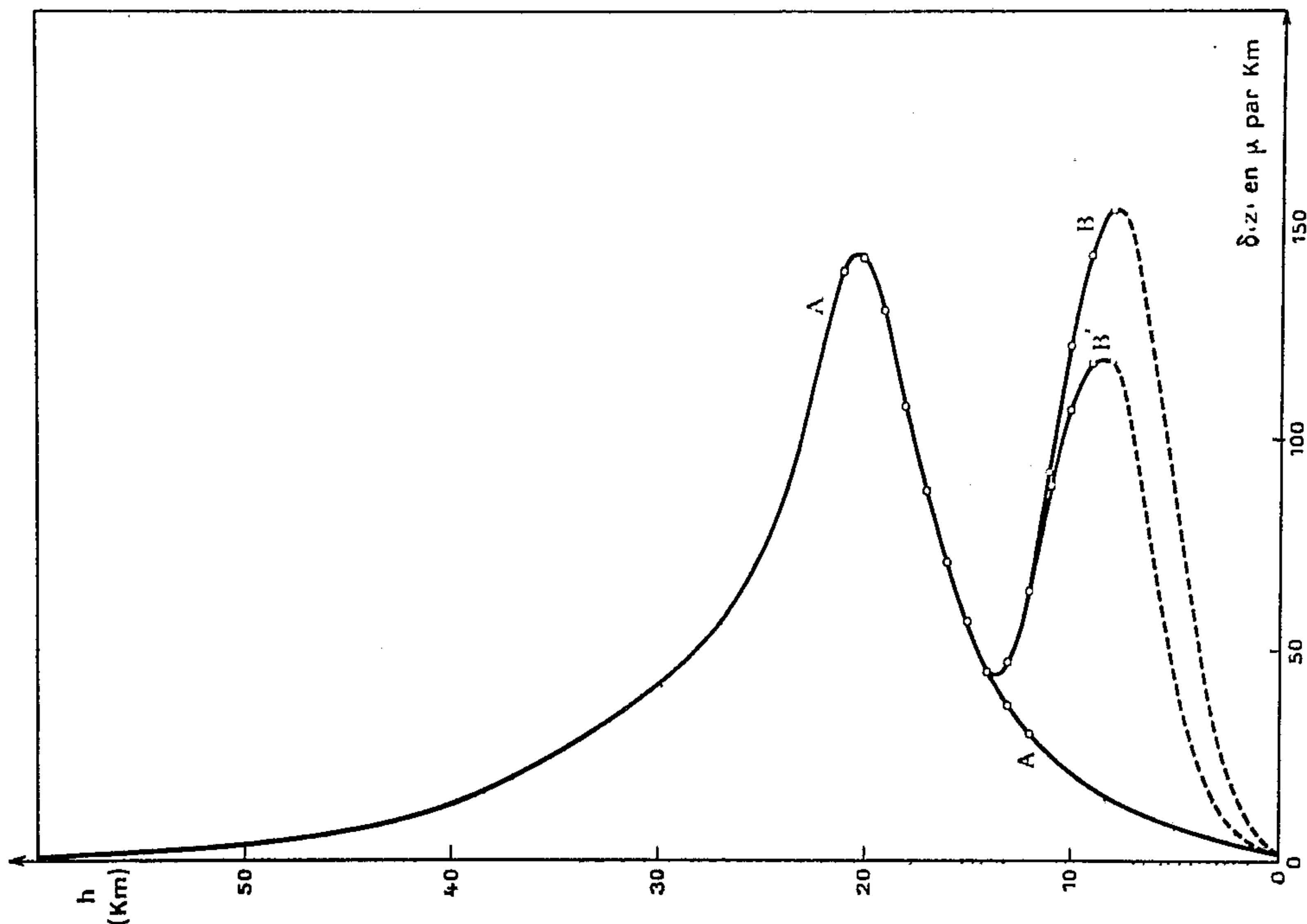


Fig. 1.

Les résultats des calculs sont représentés sur la figure 1. La courbe AA, sans minimum, a été extrapolée au-dessous de 12 km ($\varphi_0 = 9^\circ$). La courbe AB correspond aux valeurs de e mesurées jusqu'à 8 km($\varphi_0 = 17^\circ$). La courbes AB′ est obtenue en corrigeant de 10 % la valeur de e du spectre V afin de tenir compte de la latitude. Le tracé AA paraît représenter une distribution régulière, il donne une épaisseur réduite au zénith égale à 1,92 mm, à l'équateur et en hiver. Le relèvement de $\delta(z)$ pour $z < 14$ km, correspondant aux tracés AB ou AB′ doit être provoqué par un apport d'air polaire plus riche en ozone ; cet excès est considérable (0,9 mm pour la courbe AB et 0,6 mm pour AB′).

Les spectres I, II et III, très bien placés en ce qui concerne h car ils correspondent au domaine où la valeur de e est autour du maximum, peuvent donner une approximation évidemment plus grossière que la précédente mais intéressante. L'extrapolation vers les grandes valeurs de h y tient un rôle beaucoup plus important, on l'a faite comme ci-dessus. Les résultats des calculs sont

représentés par la courbe de la figure 2. Le maximum de $\delta(z)$ se trouve plus bas (environ 14 km), est plus grand (environ 200 μ/km) et l'épaisseur réduite au

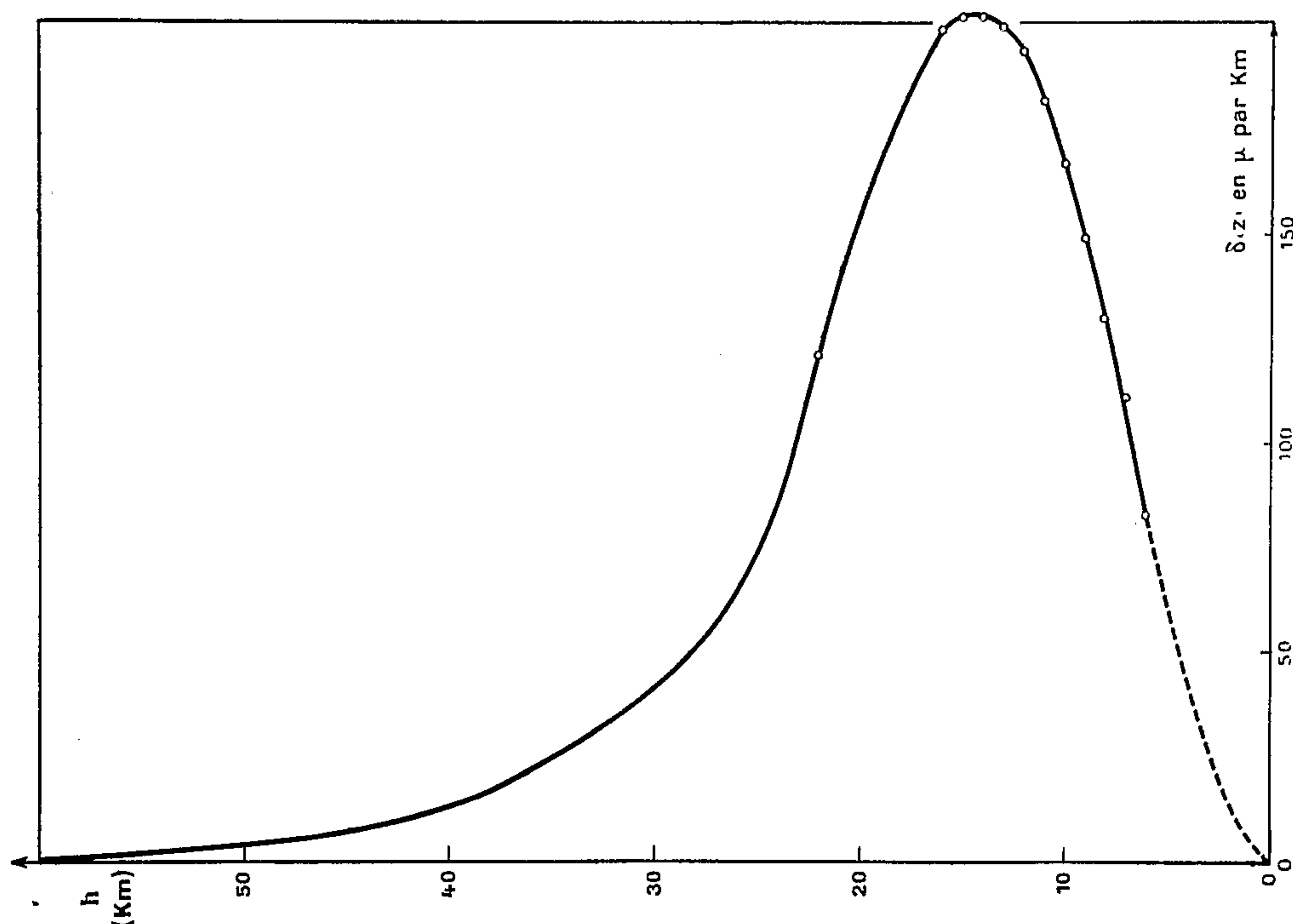


Fig. 2.

zénith qu'on en déduit est égale à 3,5 mm. A cette époque de l'année et pour des régions voisines du pôle, il n'y a là rien d'anormal.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Fonctions d'onde de l'électron à l'intérieur du noyau* III. *Application au spectre* β *de* RaE. Note (*) de M. **Roger Nataf**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans les Notes (I) et (II) (1), on a donné des développements en séries des fonctions radiales électroniques à l'intérieur du noyau, en y prenant une répartition uniforme des charges. Le rayon non nul du noyau a deux effets sur les formes de spectres β : 1° il modifie les valeurs *à la surface du noyau* des fonctions d'onde ; 2° les *variations* de ces fonctions à l'intérieur du noyau apportent aussi des corrections.

On a examiné dans (II) le second effet et montré qu'il devait être faible (argument *a*); les corrections, introduisant de nouveaux paramètres mal connus, ne peuvent être effectuées pratiquement.

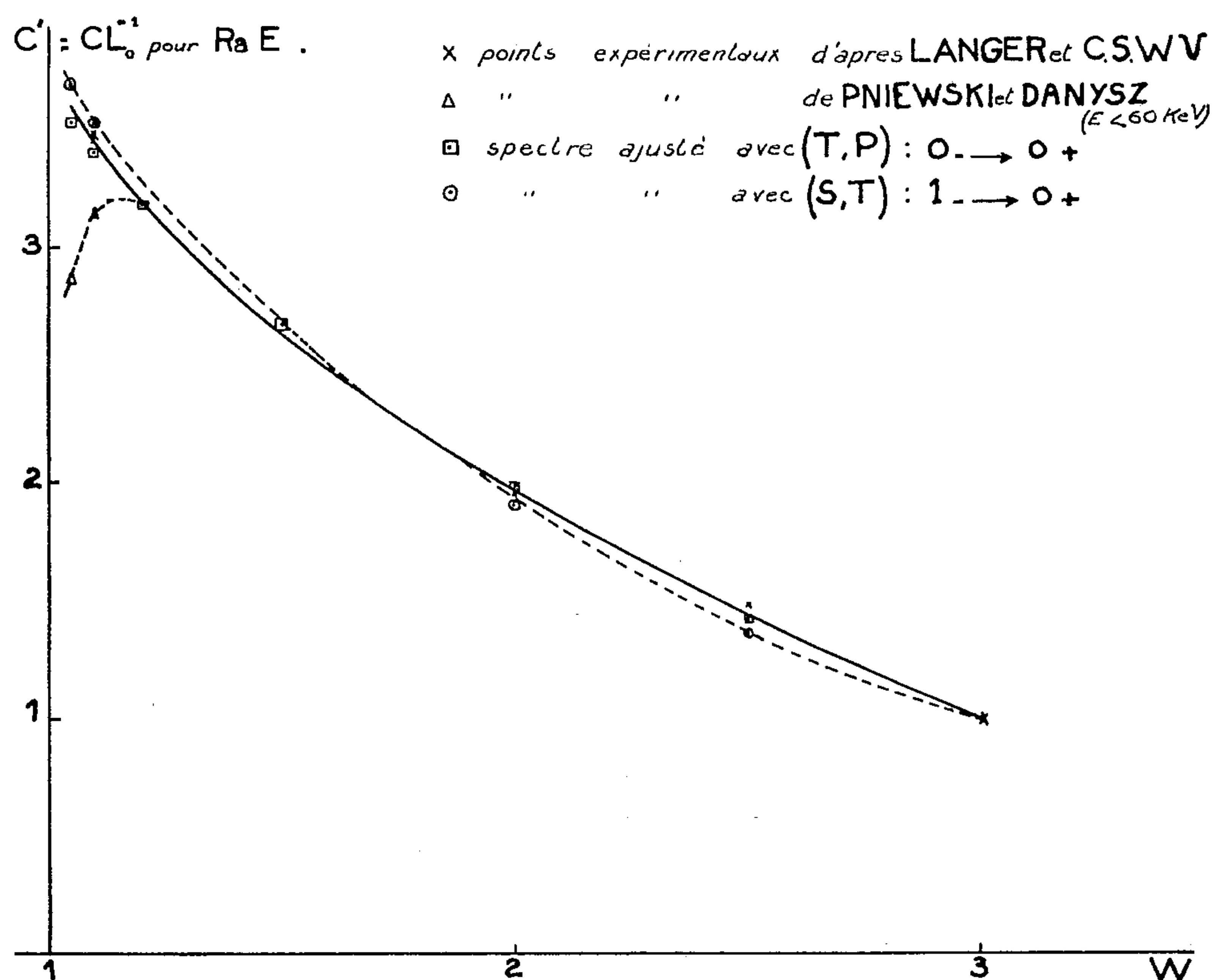
(*) Séance du 12 juillet 1954.

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1012 et 1117.

Nous revenons ici au premier. Rose et Holmes ([2]) ont calculé, pour l'émission β, les corrections qu'il apporte aux expressions :

$$(1) \quad \begin{cases} L_0 \equiv \pi(2p\,WF_0)^{-1}(g_0^2 + f_{-2}^2)\,; \qquad M_0 \equiv \pi(2p\,WF_0)^{-1} R^{-2}(g_{-2}^2 + f_0^2) \\ N_0 \equiv \pi(2p\,WF_0)^{-1} R^{-1}(f_0 g_0 - f_{-2} g_{-2}), \qquad \ldots \quad ([3]). \end{cases}$$

Petschek et Marshak ([4]) ont interprété la transition ${}^{127}_{83}\mathrm{RaE} \rightarrow {}^{126}_{84}\mathrm{Po}$ comme $0_- \rightarrow 0_+$, la forme du spectre anormale (elle est en général « permise »



pour $\Delta J = 0$, oui) et la valeur élevée de $\log f_0 t \simeq 8$ (au lieu de $\sim 5,5$) s'expliquant par une compensation des termes principaux de L_0, M_0, N_0 qui interviennent dans le facteur de correction :

$$(2) \qquad C = C_{IT} + 2\Gamma C_{IPT} + \Gamma^2 C_{IP},$$

où $\Gamma \equiv (g_P/g_T)\left(i\int \beta\gamma_5\right) / \left(\int \beta\vec{\sigma}.\vec{r}\right)$ est choisi pour ajuster $C(W)$ au spectre expérimental.

([2]) M. E. Rose et D. K. Holmes, *Phys. Rev.*, 83, p. 190 et O. R. N.-L., 1022 (courbes).

([3]) Les fonctions d'onde sont ici normées par intervalle d'énergie unité.

([4]) A. G. Petschek et R. E. Marshak, *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 698.

La compensation diminue la précision sur les termes restants, et nous avons repris les calculs en utilisant les valeurs :

$$(3)\qquad \frac{f_0}{Rg_0} = -\frac{4a}{5R}(1+\theta-\varepsilon); \qquad \frac{g_{-2}}{Rf_{-2}} = \frac{4a}{5R}(1+\theta+\varepsilon),$$

obtenues, à l'aide des séries alternées de (1), avec une précision de 0,5 % sur $\theta \pm \varepsilon$; $\theta \simeq -0,10$ ne change pas par $W \to -W$ et $R \to -R$, tandis que $\varepsilon \simeq 0,027$ change de signe.

Substituant (3) dans (1), on obtient L_0, M_0, N_0 en fonction de L_0 et $P_0 \equiv \pi(2pWF_0)^{-1}(g_0^2 - f_{-2}^2)$ seuls, et posant $\Gamma = (4a/5R) + \eta$:

$$(4)\qquad C' = CL_0^{-1} = \left(\eta + \frac{q}{3} - \frac{4a}{5R}\theta\right)^2 + \left(\eta + \frac{q}{3} - \frac{4a}{5R}\theta\right)\frac{8a\varepsilon}{5R}P_0L_0^{-1} + \left(\frac{4a\varepsilon}{5R}\right)^2,$$

C'_{exp} a été déduit du spectre expérimental de Langer ([5]). Prenant $C'_{exp} = 1$ pour $W = 3 \to E = 1\,022$ keV (voisin de $E_0 = 1\,170$ keV), on a $C'_{exp} = 3,185$ pour $W = 1,20 \to E = 102$ keV, L_0 étant calculé exactement à l'aide de ([2]), ([6]) et ([7]).

$\eta = 0,525 \to \Gamma = 13,71$ (avec $r_0 = 1,20.10^{-13}$ cm) ajusté à ces valeurs conduit à un excellent accord de C' avec C'_{exp} sur tout le spectre.

Mais cette valeur élevée de Γ, s'accordant avec celle de ([4]), est difficile à expliquer. Certains auteurs ont donc suggéré une transition $1_- \to 0_+$ avec une compensation analogue dans

$$C = C_{1T} + 2\lambda C_{1ST} + \lambda^2 C_{1S}, \qquad \text{où} \quad \lambda \equiv \frac{g_S i\int \beta \vec{r}}{g_T\int \beta\vec{\sigma}\wedge\vec{r}}.$$

Posant

$$\xi = \frac{\lambda - 1}{\lambda + 1} \qquad \text{et} \qquad k \equiv \frac{\int \beta\vec{\alpha}}{\int \beta\vec{\sigma}\wedge\vec{r}} = \left(\frac{4a}{5R} + \eta\right)(1+\lambda).$$

On a

$$(5)\qquad C'(1+\lambda)^{-2} = \left(\eta + \xi\frac{q}{3} - \frac{4a}{5R}\theta\right)^2 + \frac{8a\varepsilon}{5R}P_0L_0^{-1}\left(\eta + \xi\frac{q}{3} - \frac{4a}{5R}\theta\right) + \left(\frac{4a\varepsilon}{5R}\right)^2 + \left(\frac{3\xi+1}{8}\right)^2 L_1L_0^{-1} + \frac{(\xi+3)^2}{8}\frac{q^2}{9}.$$

Le meilleur ajustement obtenu pour $\xi = -0,08$; $\eta = -0,18 \to \lambda = 0,85$ et $k = 24$ est moins bon que le précédent sur l'ensemble du spectre, mais non

([5]) LANGER, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 641.
([6]) M. E. ROSE, C. L. PERRY et N. M. DISMUKE, O. R. N. L., 1459 (tables).
([7]) J. R. REITZ, *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 10 (tables).

impossible comme il est indiqué dans ([1]). Cependant, les valeurs λ, k ne s'accordent pas avec celles que donne le modèle nucléaire en couches : $\lambda = \pm 0,1$, si l'on admet $g_S = \pm g_T$, et $k \simeq 11$.

Les deux interprétations conduisent donc à certaines difficultés.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la représentation des corpuscules en interaction avec des champs extérieurs par des fonctions d'ondes à singularités localisées mobiles le long des trajectoires.* Note de M. **Gérard Petiau** présentée par M. Louis de Broglie.

Méthode de détermination de fonctions d'ondes à singularités localisées mobiles décrivant des trajectoires dans le cas d'un corpuscule en interaction avec un champ extérieur. Solutions complètes pour l'électron dans un champ électrique constant et pour l'oscillateur harmonique.

Dans la nouvelle interprétation de la Mécanique ondulatoire que propose M. Louis de Broglie ([1]), les corpuscules sont représentés par des fonctions d'ondes présentant au point de localisation des singularités mathématiques mobiles décrivant au cours du temps les trajectoires des corpuscules. Nous avons déjà donné des exemples de telles fonctions d'ondes dans le cas des corpuscules en mouvement rectiligne et uniforme ([2]). Nous nous proposons ici de montrer comment on peut obtenir de telles solutions dans le cas où le corpuscule est soumis à l'action d'un champ extérieur.

1. Considérons l'équation d'ondes non relativiste

$$\Delta\psi - \frac{2m}{\hbar^2}\varepsilon V\psi = \frac{2im}{\hbar}\frac{\partial\psi}{\partial t}. \tag{1}$$

Posant $\psi = a(x, y, z, t)\exp[(i/\hbar)S(x, y, z, t)]$, les fonctions a et S étant réelles, l'équation (1) donnera le système

$$\hbar^2\Delta a + [2m(\partial_t S - \varepsilon V) - (\partial_x S)^2 - (\partial_y S)^2 - (\partial_z S)^2]a = 0, \tag{2}$$

$$2m(\partial_t a) - 2[(\partial_x S)(\partial_x a) + (\partial_y S)(\partial_y a) + (\partial_z S)(\partial_z a)] - \Delta S a = 0. \tag{3}$$

L'équation (3), linéaire par rapport aux dérivées partielles de a admettra une solution a ne dépendant que des courbes caractéristiques si la fonction S satisfait en outre à la condition $\Delta S = 0$. Écrivant alors les intégrales premières déterminant les caractéristiques de (3) sous la forme

$$\lambda = x - x_0 - \varphi_1(t); \qquad \mu = y - y_0 - \varphi_2(t); \qquad \nu = z - z_0 - \varphi_3(t), \tag{4}$$

$[\varphi_1(t_0) = \varphi_2(t_0) = \varphi_3(t_0) = 0]$, nous aurons $a(x, y, z, t) = a(\lambda, \mu, \nu)$.

([1]) Cours professé à l'Institut H. Poincaré, 1952-1953, 1953-1954.

([2]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 998, 1568 et 1973.

Par la transformation (4), l'équation (2) s'écrit

$$\hbar^2\left[\frac{\partial^2 a}{\partial\lambda^2}+\frac{\partial^2 a}{\partial\mu^2}+\frac{\partial^2 a}{\partial\nu^2}\right]+F(\lambda,\mu,\nu)a(\lambda,\mu,\nu)=0, \tag{5}$$

moyennant des conditions qui, en général, déterminent les fonctions S, φ_1, φ_2, φ_3. Nous allons préciser ceci sur deux exemples.

2. *Électron dans un champ électrique constant :* $\varepsilon V = -kx$. — Nous cherchons une solution S de la forme

$$S = S_0(t) - S_1(t)x - \beta y - \gamma z \qquad (\beta,\ \gamma \text{ constantes}). \tag{6}$$

Les caractéristiques de (3) s'écrivent alors

$$\left\{\begin{array}{l}\lambda = x - x_0 - \varphi(t); \qquad \mu = y - y_0 - (\beta/m)(t-t_0); \qquad \nu = z - z_0 - (\gamma/m)(t-t_0);\\ \qquad m\varphi'(t) = S_1(t), \qquad \varphi(t_0) = 0.\end{array}\right. \tag{7}$$

Par le changement de variable (7), l'équation (2) devient

$$\hbar^2\Delta_{\lambda,\mu,\nu}a + (A\lambda + B)\,a(\lambda,\mu,\nu) = 0, \qquad (A,\ B \text{ constantes}), \tag{8}$$

avec les conditions

$$A = 2m[k - S_1'(t)]; \qquad B = 2mS_0'(t) - [S_1(t)]^2 - \beta^2 - \gamma^2 + A[x_0 + \varphi(t)].$$

On en déduit :

$$\left\{\begin{array}{l} S_1(t) = \alpha t + \alpha_0; \qquad 2mS_0(t) = Ct - (k - 2\alpha)[(\alpha/3)t^3 + \alpha_0 t^2],\\ A = 2m(k-\alpha); \qquad B = C - \alpha_0^2 - \beta^2 - \gamma^2 + (k-\alpha)[2mx_0 - t_0(\alpha t_0 + 2\alpha_0)],\\ \varphi(t) = \dfrac{\alpha}{2m}(t-t_0)^2 + \dfrac{\alpha t_0 + \alpha_0}{m}(t-t_0). \end{array}\right. \tag{9}$$

α, α_0, C sont des constantes arbitraires.

En particulier, si $\alpha = k$, le corpuscule décrit le mouvement classique avec $mv_0 = kt_0 + \alpha_0$ et l'on a

$$\left\{\begin{array}{l} A = 0; \qquad B = C - \alpha_0^2 - \beta^2 - \gamma^2; \qquad S_1 = kt + \alpha_0; \qquad 2mS_0 = Ct + \dfrac{k^2t^3}{3} + k\alpha_0 t^2,\\ \hbar^2\Delta a + Ba = 0; \qquad \lambda = x - x_0 - (k/2m)(t-t_0)^2 - v_0(t-t_0). \end{array}\right. \tag{10}$$

Posant $\lambda = \rho\cos\theta$, $\mu = \rho\sin\theta\cos\varphi$, $\nu = \rho\sin\theta\sin\varphi$, (10) admet la solution à singularités localisées au point $\rho = 0$, $(\lambda = \mu = \nu = 0)$, $(B \neq 0)$,

$$a(\lambda,\mu,\nu) = A_{lm}(1/\sqrt{\rho})\,J_{-\left(l+\frac{1}{2}\right)}\left(\rho\sqrt{B}/\hbar\right)P_l^m(\cos\theta)\cos m\varphi, \tag{11}$$

($J_{-[l+(1/2)]}$ fonction de Bessel d'ordre $-[l+(1/2)]$, P_l^m fonction de Legendre associée, A_{lm} constantes de structure du corpuscule). Si $B = 0$, (10) admet la solution singulière

$$a(\lambda,\mu,\nu) = (A_{lm}/r^{l+1})\,P_l^m(\cos\theta)\cos m\varphi. \tag{12}$$

Dans le cas général, on est ramené à l'équation (8) qui au voisinage de $\lambda=\mu=\nu=0$ admet la solution singulière (11) ou (12) et qui pour les valeurs de λ, μ, ν suffisamment grande admet la solution régulière à l'infini que considère la mécanique ondulatoire ordinaire.

3. *Oscillateur harmonique :* $\varepsilon V = kx^2$. $S = S_0(t) - S_1(t)x - \beta y - \gamma z$, conduit à l'équation

$$(13) \qquad \hbar^2\left[\frac{\partial^2 a}{\partial\lambda^2}+\frac{\partial^2 a}{\partial\mu^2}+\frac{\partial^2 a}{\partial\nu^2}\right]+[B-2mA\lambda-2mk\lambda^2]a(\lambda,\mu,\nu)=0.$$

On trouve par identification $\lambda = x - x_0 - D[\sin[\omega(t-t_0)+\varphi_0]-\sin\varphi_0]$; $\mu = y - y_0 - (\beta/m)(t-t_0)$; $\nu = z - z_0 - (\gamma/m)(t-t_0)$; $m\omega^2 = 2k$; $v_0 = D\omega\cos\varphi_0$.

$$S_1 = m\omega D\cos[\omega(t-t_0)+\varphi_0]; \qquad S_0 = \frac{Ct}{2m} - \frac{k}{2\omega}D^2\sin[2\omega(t-t_0)+2\varphi_0];$$

$$A = 2k(x_0 - D\sin\varphi_0); \qquad B = C - 2mk(x_0 - D\sin\varphi_0)^2 - \beta^2 - \gamma^2,$$

Si la constante arbitraire φ_0 est déterminée par $x_0 = D\sin\varphi_0$, l'équation (13) se ramène à l'équation de Schrödinger pour l'oscillateur harmonique transposée en variables λ, μ, ν :

$$\hbar^2\Delta_{\lambda,\mu,\nu}\,a + [(C-\beta^2-\gamma^2)-2mk\lambda^2]\,a(\lambda,\mu,\nu)=0.$$

Au voisinage de $\lambda=\mu=\nu=0$ cette équation admet la solution singulière (11) ou (12). Pour les grandes valeurs de λ, on retrouve en variables λ, μ, ν sous les conditions de la mécanique ondulatoire ordinaire les fonctions d'ondes de l'oscillateur harmonique.

On voit sur cet exemple comment la quantification sur les trajectoires par les paramètres λ, μ, ν est identique à la quantification usuelle lorsque celle-ci repose sur le comportement de la fonction d'onde à l'infini et que les fonctions $\varphi_1(t)$, $\varphi_2(t)$, $\varphi_3(t)$ restent bornées au cours du temps.

MAGNÉTISME. — *Variation avec l'induction du champ de traînage de diffusion.* Note (*) de M. **Pierre Brissonneau**, transmise par M. Louis Néel.

En raison du comportement différent des parois à 90 et 180°, la courbe qui représente la variation en fonction de l'induction du champ de trainage de diffusion doit présenter deux paliers. L'expérience permet de confirmer l'existence de ces deux paliers et d'en déduire des dimensions de domaines élémentaires en accord avec les résultats d'une mesure directe par la méthode de Bitter.

D'après la théorie du traînage de diffusion de L. Néel [1], applicable notamment aux atomes de carbone placés à l'état interstitiel dans le

(*) Séance du 19 juillet 1954.

[1] *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 339; 13, 1952, p. 249.

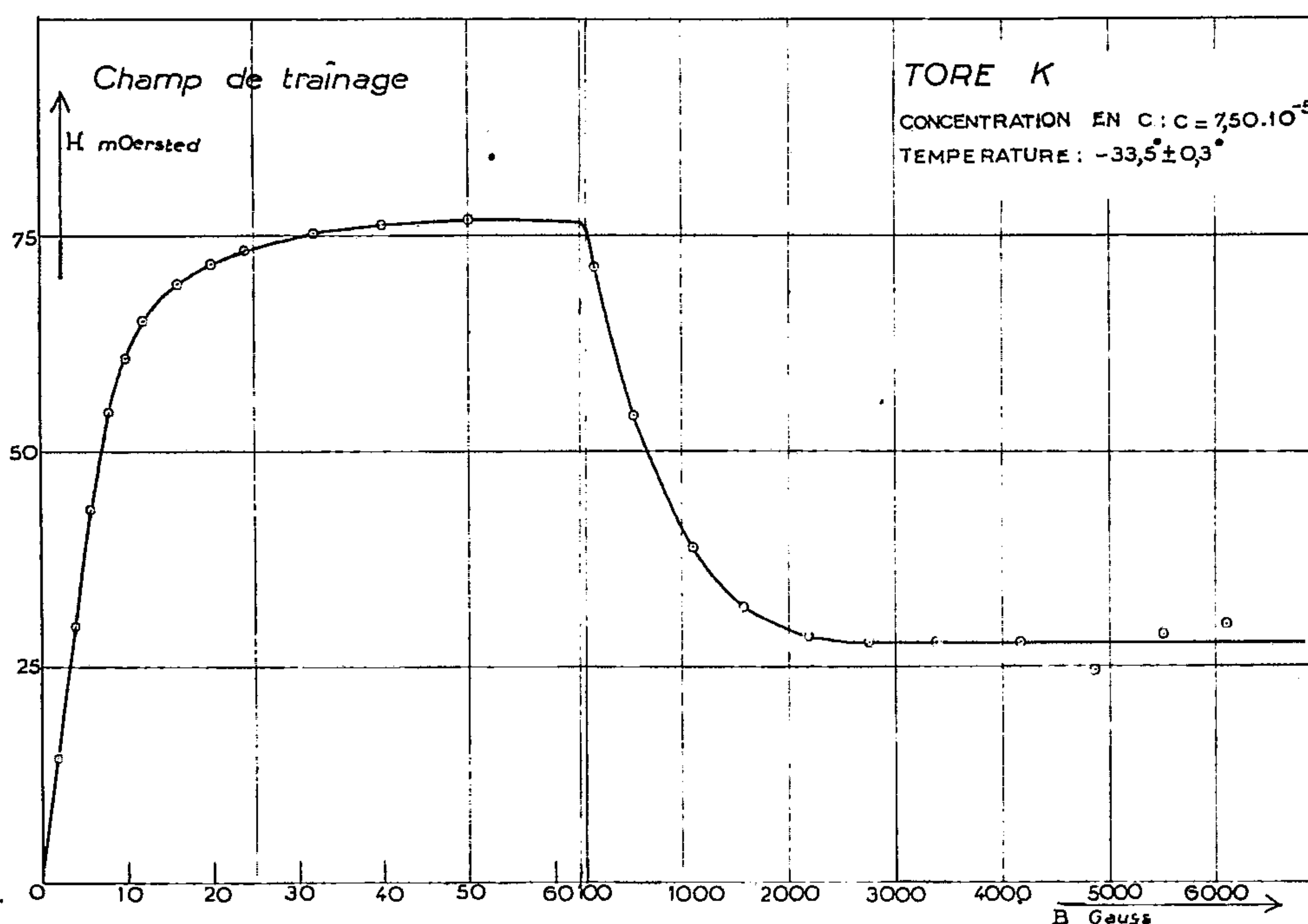
réseau du Feα, l'effet du traînage équivaut à celui d'un champ fictif opposé au champ appliqué, et qui dépend du temps t écoulé depuis la désaimantation et du déplacement de la paroi de Bloch. Ce champ de traînage est nul lorsque le déplacement u de la paroi suit immédiatement le processus de désaimantation; mais, si l'on attend que les atomes de carbone aient pris leur position d'équilibre, la théorie montre que pour obtenir le même déplacement u, il faut appliquer un champ supplémentaire égal au champ fictif pour $t=\infty$, soit $(W_0/J_s)f'(u')$ ou $(W_0/2J_s)f''(u'')$, où J_s est l'aimantation spontanée, W_0 une constante qui dépend de la substance et de la température, et où les indices ′ et ″ se rapportent respectivement aux parois à 90 et à 180°. L. Néel a montré que $f'(u')$ croissait régulièrement en fonction de u' depuis zéro jusqu'à une limite égale à 1, pratiquement obtenue dans le cas du fer pour $u' = 500$ Å. Au contraire, $f''(u'')$ commence par croître, passe par un maximum assez aplati et très voisin de 2, décroît ensuite et tend vers une limite égale à zéro pratiquement atteinte pour $u'' = 2\,000$ Å.

Dans une substance réelle, nous avons affaire à un mélange d'un grand nombre de parois à 90° et à 180°, et l'induction B est une fonction linéaire des u' et des u''. Du point de vue expérimental, on peut définir et mesurer un champ fictif de traînage H (B), comme la différence des champs nécessaires pour obtenir la même induction B quand on opère soit à $t = 0$, soit à $t=\infty$. En gros, on doit donc s'attendre à ce que H (B) commence par croître en fonction de B jusqu'à un maximum correspondant au maximum de $f''(u'')$ et décroisse ensuite jusqu'à une valeur limite non nulle correspondant à la limite de $f'(u')$.

Pour étudier le phénomène, nous avons, en partant de fer commercial convenablement purifié, préparé des tores de perméabilité initiale égale à 1000 G/Oe et de champ coercitif égal à 0,3 Oe et nous avons constaté que la perméabilité ne dépendait pas du temps t. En ajoutant ensuite une concentration pondérale de $7{,}5.10^{-5}$ de carbone, nous avons obtenu un traînage important. Nous avons déterminé le champ limite de traînage H (B) par extrapolation pour $t=\infty$, en opérant à diverses époques t après la désaimantation, mais à une même valeur de B. La figure montre les résultats obtenus; H (B) commence par croître linéairement avec B, passe par un maximum extrêmement aplati égal à 77 mOe au voisinage de B = 50 G, décroît ensuite et tend vers une limite de 28 mOe atteinte au voisinage de B = 2 000 G. Nous avons vérifié l'existence de ce palier jusqu'à B = 6 000 G. La similitude avec les phénomènes prévus est remarquable.

Cependant, on constate que le maximum est beaucoup plus aplati que celui auquel on pourrait s'attendre d'après la forme de $f''(u'')$. De même, l'approche à la limite est beaucoup plus lente que celle donnée

par une théorie simple relative à la superposition de deux parois fictives, l'une à 90° et l'autre à 180°. Nous pensons que ces particularités sont liées à plusieurs circonstances qui concourent toutes aux mêmes effets : orientations diverses des parois, inégalités dans la répartition des atomes de



carbone, et surtout, dispersion des forces de rappel des parois vers leur position d'équilibre. En fait, comme cette loi de dispersion n'est pas connue, la forme de la courbe H (B) entre B = 50 G et B = 2 000 G, fournit des renseignements valables par une méthode originale.

Pour confirmer que les parois à 180° sont responsables de la chute du champ de traînage au voisinage de B = 600 G, nous avons mesuré les dimensions des domaines élémentaires superficiels de nos échantillons désaimantés, par la méthode des figures de Bitter et nous avons constaté, sur des cristallites convenablement orientés, que la largeur des domaines de fermeture était de l'ordre de 7 à 10 μ. Or, si nous admettons que, dans des champs égaux, les parois à 90° et à 180° subissent des déplacements du même ordre de grandeur, le fait que le champ de traînage sur les parois à 180° est réduit de moitié au voisinage de B = 600 G, c'est-à-dire pour une induction correspondant au 1/40e de la variation totale d'induction due aux déplacements des parois (— 12 000 à + 12 000 G environ), montre que la distance séparant deux parois doit être de l'ordre de 40 fois l'épaisseur d'une paroi à 180°, soit 8 μ environ, en accord remarquable avec les valeurs expérimentales directes.

En résumé, les résultats de cette étude infirment la théorie de Snoek ([2]) prévoyant que le champ de traînage tend vers zéro aux grandes inductions et confirment les prévisions de la théorie du traînage de diffusion de L. Néel.

SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — *Détermination et interprétation des basses fréquences d'absorption infrarouge de l'éther diméthylique : application au calcul des fonctions thermodynamiques.* Note de M. **Armand Hadni**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous avons déterminé deux nouvelles fréquences : 412,2 (déformation C—O—C) et 270 cm^{-1} (torsion CH_3) et précisé la position des vibrations C—O et des pivotements des CH_3. L'ensemble du spectre a permis le calcul de la chaleur spécifique et de l'entropie, à l'aide de données purement spectroscopiques.

Nous avons enregistré, à l'état gazeux, entre 240 et 1200 cm^{-1}, l'absorption de l'éther diméthylique que Crawford n'avait étudiée qu'au-dessus de 450 cm^{-1} ([1]). Rappelons les données de Kohlrausch et d'Ananthakrishnan pour l'effet Raman du liquide : 1155 f, *dp*, ? - 1100 f, - 918 F, *p* - 702 tf, ? - 583 f, ? - 414 f, *p* - 300 tf, *p*, ? - 160 f, *p*, ?.

1. *Spectres de* 520 *à* 240 cm^{-1}. — Obtenus avec notre spectrographe à réseau et des filtres convenables ([2]), ils sont reproduits sur la figure 1.

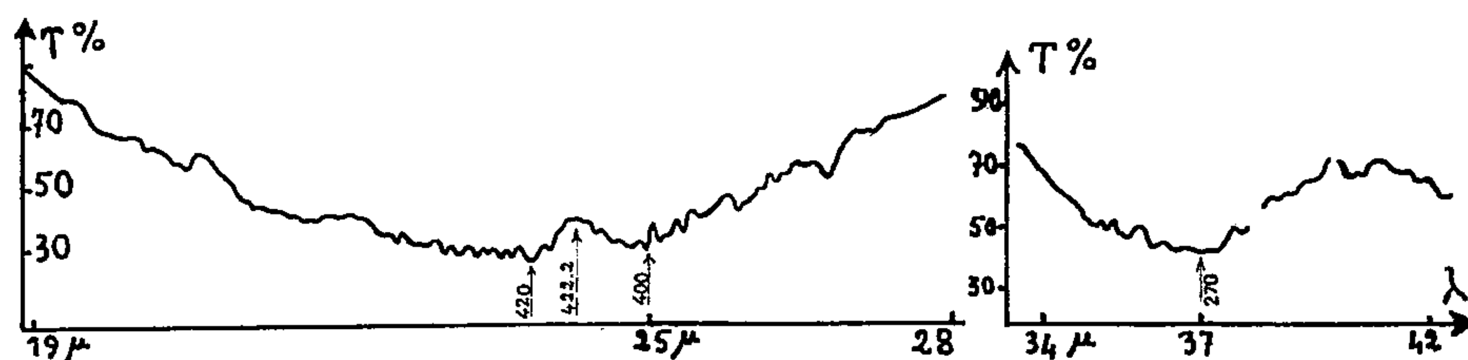


Fig. 1.

Malgré l'incertitude des deux dernières raies Raman, Pitzer avait émis l'hypothèse ([3]) qu'elles étaient peut-être dues aux vibrations de torsion des CH_3 :

a. dans le même sens : $\nu_{21} = 300$ cm^{-1}, active en absorption et en diffusion (symétrie B_2); 2° en sens contraire : $\nu_{11} = 160$ cm^{-1}, interdite en absorption (symétrie A_2). Notre deuxième spectre, montrant qu'il y a bien une vibration

(2) *Physica*, 6, 1939, p. 161 ; 6, 1939, p. 797.

(1) B. L. Crawford et L. Joyce, *J. Chem. Phys.*, 7, 1939, p. 307.

(2) A. Hadni, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 375.

(3) *J. Chem. Phys.*, 10, 1942, p. 605.

active vers 270 cm^{-1}, précise le spectre Raman et confirme l'interprétation de Pitzer. Le premier spectre permet de situer la vibration de déformation du squelette : $\dot{\nu}_7 = 412{,}2$ cm^{-1}.

2° *Spectres de* 1250 *à* 650 cm^{-1} (*fig.* 2). — *a*. Nous observons deux bandes du type parallèle (branches P, Q, R). Or, dans cette région, on en attendait justement deux, correspondant aux vibrations $\dot{\nu}_{16}$ (pivotement parallèle) et $\dot{\nu}_{17}$(C—O asymétrique), de symétrie B_1. Ces deux vibrations sont probablement en résonance, et il est sans intérêt d'adopter $\dot{\nu}_{16} = 1176{,}5$ et $\dot{\nu}_{17} = 1103$ cm^{-1}, ou l'inverse.

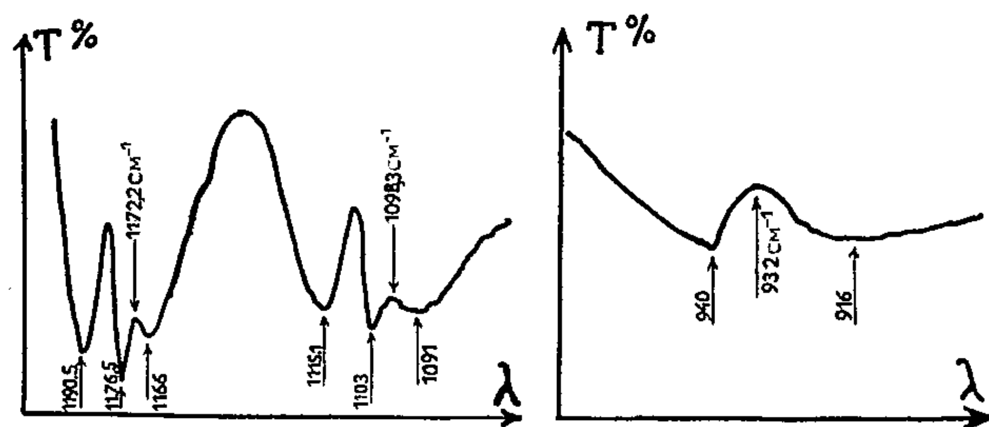


Fig. 2.

b. Le spectre Raman ne comporte, dans cette région, qu'une seule raie polarisée vers 918 cm^{-1}. Elle ne peut que correspondre à la fréquence ν_6 de vibration symétrique C — O. Notre mesure $\dot{\nu}_6 = 932$ cm^{-1}, portant sur le gaz, est plus précise et tient compte de la forme de l'enveloppe (vibration de symétrie A_1, comportant une variation du moment électrique parallèle à l'axe moyen), qui comprend deux branches, P et R.

c. Les pivotements perpendiculaires au plan de symétrie ont des nombres d'ondes plus bas que ceux qui lui sont parallèles, donc inférieurs à 1100 cm^{-1}. L'un, $\dot{\nu}_{10}$, actif en Raman seulement (symétrie A_2), sera situé à 918 cm^{-1}, seule fréquence observée en diffusion entre 1100 et 702 cm^{-1}. L'autre, $\dot{\nu}_{20}$, actif en absorption et en diffusion (symétrie B_2), peut être placé à 940 cm^{-1}, superposé à la branche R de la bande C—O, ce qui expliquerait sa dissymétrie. Cette interprétation conduit ainsi à attribuer aux deux pivotements perpendiculaires, de symétries différentes, des fréquences sensiblement voisines.

d. Il reste à situer le deuxième pivotement parallèle $\dot{\nu}_5$, de symétrie A_1, différente de celle du premier, de telle sorte que, là aussi, il ne peut y avoir résonance. Sa fréquence sera très voisine de celle du premier ($\dot{\nu}_{16} = 1176{,}5$ ou 1103 cm^{-1}). Il est curieux que chacune de ces deux bandes, auxquelles $\dot{\nu}_{16}$ contribue, possède une dissymétrie qu'on peut expliquer par la superposition de deux bandes plus faibles centrées respectivement vers 1172 et 1098 cm^{-1}. On les attribuera à $\dot{\nu}_5$, bien qu'on n'ait pu expliquer ce dédoublement et, dans les calculs, nous prendrons la moyenne de ces deux fréquences, soit $\dot{\nu}_5 = 1135$ cm^{-1}.

Vibration.	Symétrie et fréquence (cm^{-1}). A_1(IR + R).	A_2 (R seul).	B_1(IR + R).	B_2(IR + R)
Valence (C—H)....	$\nu_1 = \nu_2 =$ 2 900	$\nu_8 =$ 2 900	$\nu_{12} = \nu_{13} =$ 2 900	$\nu_{18} =$ 2 900
Déf. CH_3..........	$\nu_3 = \nu_4 =$ 1 466	$\nu_9 =$ 1 466	$\nu_{14} = \nu_{15} =$ 1 466	$\nu_{19} =$ 1 466
Piv. 1 CH_3.........	-	$\nu_{10} =$ 918	-	$\nu_{20} =$ 940
Piv. 2 CH_3.........	$\nu_5 =$ 1 135	-	$\nu_{16} =$ 1 176,5	-
Valence (C—O)....	$\nu_6 =$ 932	-	$\nu_{17} =$ 1 103	-
Déf. (C—O—C)....	$\nu_7 =$ 412,2	-	-	-
Torsion CH_3.......	-	$\nu_{11} =$ 160	-	$\nu_{21} =$ 270

Ces fréquences permettent de calculer la chaleur spécifique et l'entropie à diverses températures :

T (degrés Kelvin).......	200°.	248°.	272°	300°.	333°.	370°.
C_p calorimétrie........	-	-	14,82	15,75	16,81	17,96
C_p^0 spectroscopie.......	12,68	14,00	14,77	15,69	17,00	18,27
S^0 spectroscopie.......	58,17	61,06	62,34	63,86	65,66	67,51
S calorimétrie.........	58,03 ± 0,10	61,01 ± 0,15	-	-	-	-

L'écart, avec les mesures calorimétriques, est inférieur à 0,3 % entre 200 et 272° et ne dépasse pas 1,7 % à 370° K. Si l'on tient compte des approximations faites (gaz parfait, oscillations harmoniques), l'accord apparaît très bon et semble justifier le choix des fondamentales, particulièrement celles de torsion.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la traversée des noyaux légers et lourds de l'émulsion photographique par des protons de* 340 MeV. Note (*) de MM. **Pierre Cüer** et **Jean Combe**, présentée par M. Louis de Broglie.

Pour les noyaux lourds de l'émulsion, le détail des résultats expérimentaux est en bon accord avec un processus en cascade analysé par la technique de Monte-Carlo. Le modèle est peu sensible au rayon nucléaire, mais l'influence du mouvement des nucléons est très mesurable. Pour les noyaux légers, un modèle de nucléons indépendants est inexact, l'hypothèse de sous-structures instantanées semble indispensable.

Nous avons obtenu par la méthode de Monte-Carlo (1) la distribution en énergie, la distribution angulaire, la nature des particules énergiques sortant des noyaux lourds. Ces résultats, en bon accord avec ceux obtenus expérimentalement montrent que le passage d'un nucléon à travers un noyau lourd est compatible avec le schéma d'une cascade de chocs nucléon-nucléon suivant les lois indiquées précédemment (1), (2).

(*) Séance du 19 juillet 1954.

(1) P. Cüer et J. Combe, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1799.

(2) Au tableau I figurent en particulier les résultats concernant la proportion des différents groupes (P), (P, N), etc. dans lesquels on peut classer les branches d'énergie E sortant de chaque étoile.

Libre parcours moyen et principe d'exclusion. — Nous avons pris $R = 1,37 . A^{1/3} . 10^{-13}$ cm (une valeur plus faible d'environ 15 % paraît possible [1]) λ_{th} se trouve alors diminué également et le nombre de chocs lors du passage est peu affecté). Nous obtenons ainsi : A 340 MeV, $\lambda_{th} = 4 . 10^{-13}$ cm. A 90 MeV $\lambda_{th} = 2,1 . 10^{-13}$ cm. α, proportion de chocs permis, est trouvé pour chaque énergie incidente. Ainsi à 340 MeV $\alpha_{340} = 0,75$; à 225 MeV $\alpha_{225} = 0,67$; à 125 MeV $\alpha_{125} = 0,55$. Notre résultat final étant statistique nous avons supposé un potentiel moyen d'interaction diminuant en fonction de l'énergie [3]. Profondeur du puits d'environ 16 MeV pour $E > 150$ MeV et de 20 MeV pour $E = 100$ MeV. Nous obtenons alors les valeurs de

$$\lambda_e \text{ à } 340 \text{ MeV} = 5,3 . 10^{-13} \text{ cm}, \quad \lambda_e \text{ à } 225 \text{ MeV} = 5,5 . 10^{-13} \text{ cm},$$
$$\lambda_e \text{ à } 90 \text{ MeV} = 3,8 . 10^{-13} \text{ cm}.$$

Distribution des moments. — L'existence d'une distribution des moments des nucléons dans le noyau et l'application du principe de Pauli modifient considérablement l'allure des courbes de diffusion angulaire nucléon-nucléon libre (avec nucléon cible au repos). Au bout d'un seul choc par exemple, les neutrons diffusés lors de l'interaction $(p - n)$ lié ont une distribution angulaire large, largeur à mi-hauteur 54° dans le système du Laboratoire. Elle serait de 30° dans le cas de la diffusion $(p - n)$ libre. Pour la diffusion $p - p$, la largeur est encore plus accentuée et le maximum n'est plus obtenu pour 0°, mais pour 30°. La machine de Monte-Carlo montre également que cette largeur varie peu au cours des chocs. Ces remarques expliquent probablement les résultats de Miller et coll. [4] qui ont étudié la distribution angulaire des neutrons énergiques issus du passage de protons de 330 MeV dans des noyaux de Be, Al, Cu, U. La largeur à mi-hauteur est de 54° pour Be (dans cet élément, il y a une grande majorité de passage avec un seul choc), de 59° pour Al et Cu, et 58° pour U (ou le nombre de chocs a augmenté sans affecter notablement la largeur de la distribution).

TABLEAU I. — *Noyaux lourds.* TABLEAU II. — *Noyaux légers.*

(%).	Monte-Carlo 250 étoiles E > 100 MeV.	Expérience 215 étoiles E > 100 MeV.	Monte-Carlo E > 60 MeV. Un choc.	Monte-Carlo E > 60 MeV. Deux chocs.	Expérience E > 30 MeV 277 étoiles.	Sous-structures E > 80 MeV.
P.....	46,5 ± 5	38 ± 5	50,2 ± 5 (P + PN)	44,2 ± 5	67 ± 4	67
PN....	7,2 ± 2	9 ± 1,5				
N, 2N.	32 ± 4	38 ± 3	10 ± 2	15,5 ± 2	16,5 ± 2	16
PP....	9,3 ± 1,5	10 ± 1,5	39,8 ± 4	36 ± 4	16,5 ± 2	17
Arrêts.	5 ± 1,5	5 ± 2	0	0	0	–
3P....	0	0	0	4,3 ± 1	–	–

(3) F. MANDE et T. H. R. SKYRME, *Phil. Mag.*, 44, 1953, p 1028.
(4) R. D. MILLER, S. E. WELL et R. W. WRIGHT, *Phys. Rev.*, 81, 1951, p. 374.

L'influence du mouvement des nucléons se manifeste également par l'angle ω que font les deux particules entre elles après le choc. Si le nucléon cible est au repos, cet angle est de 90°; s'il n'est pas au repos, les valeurs de ω se répartissent symétriquement autour de 90° avec une déviation standard d'environ 27° pour $p-p$ et de 36° pour $p-n$. Cette déviation est d'autant plus grande que le moment des nucléons est plus élevé.

Noyaux légers. — Dans ces noyaux le proton de 340 MeV passe en donnant le plus souvent un ou deux chocs. (On calcule qu'il y a un seul choc dans environ 60 % des étoiles, deux chocs dans 30 %.) Comme on le voit dans le tableau II le passage choc par choc donne moins de protons énergiques à la sortie du noyau qu'il y en a expérimentalement. Cet excès de protons trouve une explication directe si l'on suppose pour un noyau léger de l'émulsion (C, O et même N) l'existence d'une sous-structure instantanée α, deutons, etc. ([5]). Le passage du proton incident peut être schématiquement considéré comme donnant lieu à la fois à une diffusion élastique par ces sous-structures (dans ce cas, il n'y a pas échanges de charges) et à une diffusion inélastique pour ces mêmes sous-structures (par choc contre les nucléons qui les composent). On retrouve les résultats expérimentaux si l'on suppose 30 % de passages à diffusion élastique et 70 % avec diffusion inélastique (soit $\sigma_i/\sigma_T = 0,7$). Cette valeur est voisine de celle obtenue à partir des résultats donnés par Schamberger ([6]) pour la diffusion *p-d* à 240 MeV ($\sigma_i/\sigma_T \sim 0,8$). L'interaction (nucléon, α) est mal connue expérimentalement. Toutefois, on sait que la diffusion élastique différentielle $d\sigma_e/d\Omega$ est importante surtout aux petits angles (c'est-à-dire pour les faibles transferts d'énergie). Il arrive alors qu'il y ait trop peu d'énergie laissée pour former une étoile visible. Un tel effet a pour résultat de diminuer en apparence la contribution des sous-structures à ces petits angles, ce qui est frappant expérimentalement.

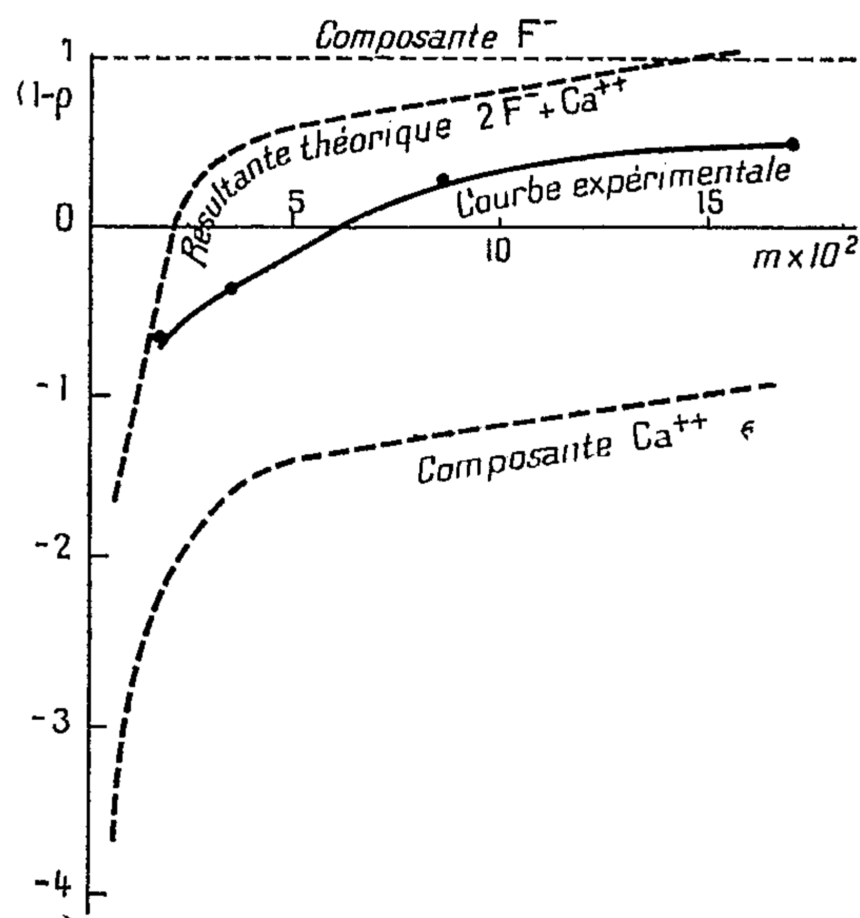
CHIMIE PHYSIQUE. — *Analyse du mécanisme de la formation de cristaux mixtes par étude cryoscopique en milieu sel fondu* [SO_4Na_2]. Note (*) de M. **Georges Petit**, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans une récente publication ([1]), ([2]), nous avons étudié par une méthode cryoscopique les relations existant entre la nature d'un ion et son intégrabilité dans un cristal mixte.

([5]) P. Cüer et J. Combe, *Comptes rendus*, 234, 1951, p. 43.
([6]) *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 424.

(*) Séance du 5 juillet 1954.
([1]) *Colloque des hautes températures*, mai 1954.
([2]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 261.

Nous avons suivi cette fois cette même intégrabilité pour des sels binaires formés des ions précédemment étudiés; les résultats étant représentés en portant en abscisses la molarité et en ordonnées la valeur de $1-\rho$, où ρ représente le rapport des concentrations du soluté dans le cristal et le liquide (*fig.* 1). On constate que pour certains sels la dépression thermique globale donnée pour une molarité donnée est la somme algébrique des dépressions thermiques partielles données par chaque ion considéré isolément, c'est-à-dire que ceux-ci peuvent ainsi être considérés comme complètement coupés dans la zone de molarité étudiée, c'est le cas de FK, ClK, ClRb, Cl_2Ba, F_2Ba, approximativement BrK.



Par contre certains autres (FCa, FLi) donnent des courbes expérimentales différant de la courbe théorique calculée à partir des ions supposés distincts, ce qui ne peut suivant nous que s'expliquer par un regroupement des ions pour donner des molécules entières, d'intégrabilité différente. Nous avons sur la figure représenté les résultats obtenus avec le fluorure de calcium.

On constate que la courbe expérimentale est plus basse que la courbe théorique, ce qui semblerait peut être prouver que l'intégrabilité de la molécule entière est supérieure à celle des ions constituants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Manifestation de l'effet stérique dans l'absorption des dérivés du phénanthrène.* III. *Étude de quelques dérivés 2-substitués.* Note (*) de Mme **Ordibehechte Ghaznavi-Vadhe**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

L'étude spectrographique quantitative de quelques dérivés 2-substitués du phénanthrène montre que l'atome de carbone 2 se comporte comme un carbone benzénique. Il y a une étroite parenté entre les isomères 2- et 3-substitués bien que l'interaction entre le noyau et les substituants non saturés soit nettement moins accusée pour les premiers.

L'étude spectrographique quantitative de certains dérivés 9- et 3-substitués du phénanthrène ([1]) avait permis d'observer des différences intéressantes dans le comportement des isomères de position surtout en ce qui concerne l'intensité du « couplage » qui s'exerce entre le noyau et les fonctions et de mettre en évidence, une fois de plus, le caractère « hyperaromatique » de l'atome de carbone 9.

Des recherches analogues entreprises dans la série des dérivés 2-substitués ont montré que, conformément à ce que l'on pouvait prévoir, les effets produits par l'introduction de radicaux non saturés en position 2 se rapprochent bien plus de ceux de la série 3 que de ceux de la série 9. Les atomes de carbone 2 et 3 présentent, tous les deux, un caractère nettement benzénoïde; cependant le couplage qui s'exerce entre le noyau phénanthrénique et une fonction donnée est, toutes choses égales par ailleurs, beaucoup moins énergique dans le cas des dérivés 2-substitués qui présentent, en général, dans leur spectre d'absorption un plus grand nombre de bandes fines propres au noyau.

Comme dans les cas précédemment étudiés, l'introduction d'un radical saturé, tel qu'un alcoyle, en position 2 produit un effet spectral très faible se traduisant principalement par une légère diminution de la structure fine dans la partie la plus proche du visible (*fig.* 1, courbe 1). Le groupe (A) du spectre du 2-propionylphénanthrène (*fig.* 1, courbe 2) comprend cinq bandes fines tandis que dans le groupe correspondant du spectre du phénanthrène on en compte sept ([2]).

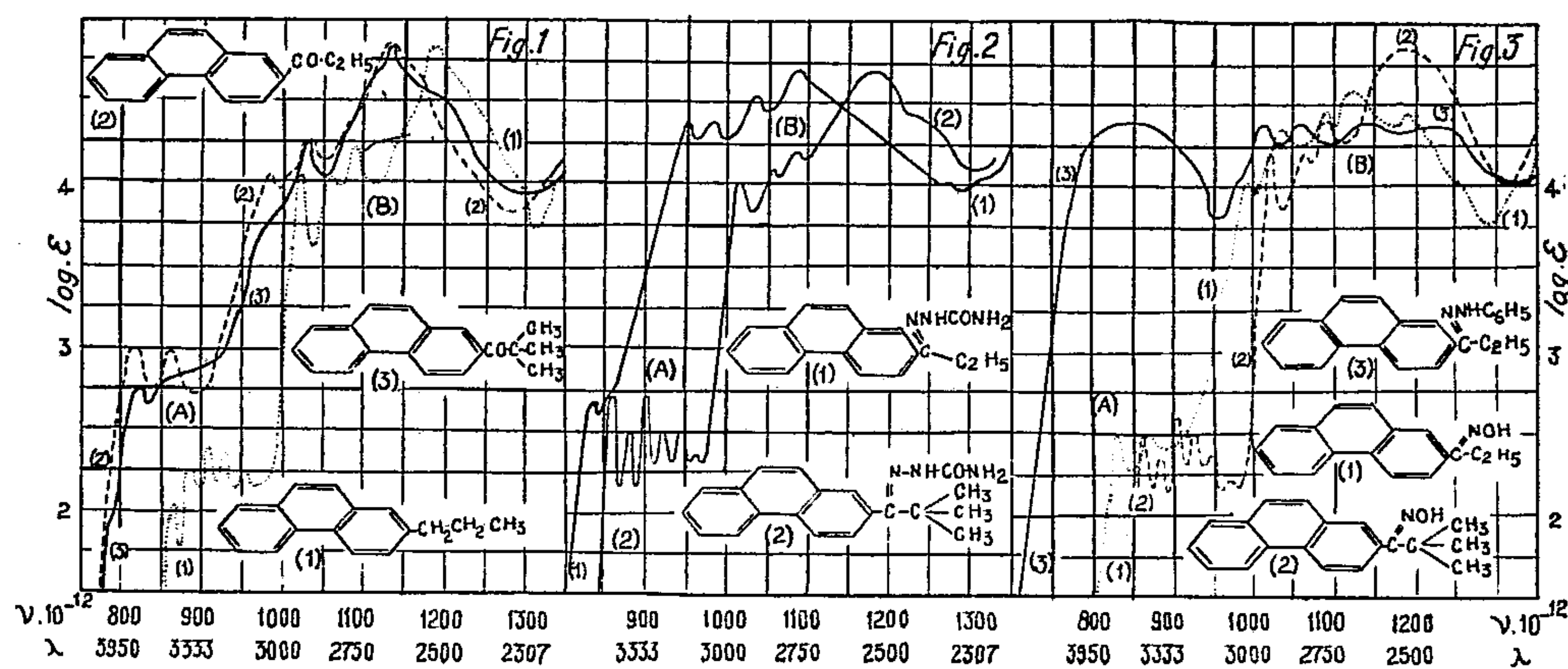
Il n'en est plus ainsi lorsque le substituant est un radical non saturé tel que le groupement cétonique; par exemple, le passage du phénanthrène ou d'un 2-alcoylphénanthrène au acylphénanthrènes à chaîne linéaire comme le 2-propionylphénanthrène (*fig.* 1, courbe 2) se manifeste dans le spectre par un effet bathochrome notable et surtout par une éléva-

(*) Séance du 12 juillet 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 595 et 1522.

([2]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 595.

tion considérable de l'intensité d'absorption dans la région la plus proche du visible. Contrairement à ce qui se passe dans les séries 9 et 3, certaines bandes fines des groupes (A) et (B) persistent. D'autre part, l'accumulation de radicaux au voisinage immédiat de la fonction CO produit un effet beaucoup moins accusé lorsque cette fonction se trouve liée au carbone 2. Le spectre du 2-pivalylphénanthrène (*fig.* 1, courbe 3) ne présente que de faibles différences avec celui de son homologue à chaîne rectiligne, le 2-propionylphénanthrène, tandis que les dérivés 9 accusent, dans les mêmes conditions, un relâchement partiel du « couplage » par l'effet stérique. A ce point de vue le comportement des 2-acylphénanthrènes est tout à fait semblable à celui des isomères 3 ([3]).



Si l'on passe des cétones à leurs dérivés azotés : les semicarbazones, les oximes et les phénylhydrazones (*fig.* 2 et 3), l'analogie entre les phénanthrènes 2- et 3-substitués devient encore plus frappante. Dans les deux séries, et contrairement à ce qui a lieu pour les dérivés 9-substitués, le « couplage » entre le noyau aromatique et la fonction azométhinique =C=N— ne se produit qu'en présence d'un radical fortement ramifié. La semicarbazone du 2-propionylphénanthrène possède la forme « absorbante ». Dans son spectre (*fig.* 2, courbe 1) de même que dans ceux de l'oxime (*fig.* 3, courbe 1) et de la pénylhydrazone (*fig.* 3, courbe 3 » correspondantes un couplage très net se manifeste entre le noyau et le groupe =C=N—; en dehors de l'effet bathochrome affectant l'ensemble de l'absorption, il y a une forte élévation d'intensité et une diminution de la structure fine dans la partie la plus proche du visible.

Par contre, si l'on introduit au voisinage immédiat de la fonction azométhinique un radical ter. butyle on observe un phénomène de « découplage »

([3]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1522.

complet par l'effet stérique. La semi-carbazone du 2-pivalylphénanthrène (*fig.* 2, courbe 2) est « transparente » et son spectre est extrêmement voisin de celui du phénanthrène lui-même. Le même phénomène a lieu pour l'oxime [*voir* sur la figure 3 les courbes de l'oxime de 2-propionylphénanthrène (courbe 1) et de l'oxime de 2-pivalylphénanthrène (courbe 2)].

En résumé : du point de vue spectral l'atome de carbone 2 du phénanthrène se comporte comme un carbone benzénique. Il existe une étroite analogie entre les dérivés 2- et 3-substitués. La principale différence réside dans l'intensité du couplage s'exerçant entre le noyau et les substituants non saturés. En règle générale, ce couplage est plus intense dans les dérivés 3.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Épitaxies de* As_4O_6 *sur la fluorine et de* CuCl *sur la blende. Recouvrements géométriques de liaisons.* Note (*) de MM. **Jean-Claude Monier** et **Raymond Hocart**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans chacun de ces exemples une loi réticulaire d'épitaxie fait prévoir deux orientations de cristaux déposés sur le clivage porteur. Une seule orientation est observée.

L'arsénolite As_4O_6 s'accole par son plan (111) sur le clivage (111) de la fluorine, le chlorure cuivreux CuCl par son plan (110) sur le clivage (110) de la blende.

Ces deux épitaxies ont été obtenues par sublimation et la seconde, en outre, à partir d'une solution de CuCl.

L'arsénolite se présente en cristaux très plats ayant la forme de triangles équilatéraux; les correspondances dipériodiques de paramètres absolus sont comme :

$$2[110]CaF_2 = 7,70\,\text{Å}; \qquad [110]As_4O_6 = 7,81\,\text{Å}$$

avec un écart relatif de $+1,4\,\%$.

Les cristaux de chlorure cuivreux ont dans leur plan d'accolement un contour de triangles isocèles [section d'un tétraèdre par (110)]; les correspondances dipériodiques de paramètres absolus sont comme :

$$[001]ZnS = 5,41_2\,\text{Å}; \qquad [001]CuCl = 5,40_5\,\text{Å};$$

avec un écart relatif de $-0,1\,\%$.

Dans les deux cas les concordances réticulaires sont excellentes.

Appliquons aux cristaux de As_4O_6 les opérations de symétrie du réseau plan (111) de CaF_2, et aux cristaux de CuCl les opérations de symétrie du réseau plan (110) de ZnS. Dans chaque cas *deux orientations* de cristaux sont possibles, c'est-à-dire *deux positions* régies par une même loi de concordances réticulaires planes.

(*) Séance du 19 juillet 1954.

Nous n'avons jamais observé qu'*une seule orientation* dans toutes les préparations faites, que ce soit pour As_4O_6 sur la fluorine ou pour Cu Cl sur la blende (A partir de solution L. Royer signalait avoir observé deux orientations de Cu Cl sur la blende).

Si, après avoir fait un clivage, nous produisons une épitaxie sur les deux faces obtenues, puis si nous replaçons les deux fragments du cristal porteur dans la position mutuelle exacte occupée avant le clivage, nous faisons les observations suivantes :

Pour As_4O_6 sur CaF_2, les triangles orientés sur une face de clivage sont symétriques de ceux qui sont orientés sur l'autre face; cette symétrie a lieu par rapport à un de leurs côtés, c'est-à-dire par rapport à un axe binaire du cristal porteur.

Pour Cu Cl sur Zn S, les triangles orientés sur une face de clivage se superposent à ceux qui sont orientés sur l'autre face de ce clivage; l'élément de symétrie est un miroir du cristal porteur. Il y a bien orientation unique systématique des cristaux déposés sur chacune des faces d'un clivage donné.

En plus des concordances réticulaires dans le plan d'accolement, considérons entre atomes voisins les liaisons contenues dans le plan d'accolement ou obliques à ce plan dans une couche de passage. Nous constatons que dans chacune des épitaxies décrites, les deux orientations de cristaux répondant à une même loi de concordance réticulaire ne sont pas équivalentes structuralement. Une seule orientation des cristaux d'arsénolite et une seule orientation des cristaux de chlorure cuivreux sont telles qu'il y a recouvrement approché de certaines liaisons courtes du support et du dépôt. L'autre orientation ne présente pas de recouvrements.

1° As_4O_6 *sur fluorine*. — Coordonnées d'atomes et d'ions dont les liaisons sont en recouvrement approché.

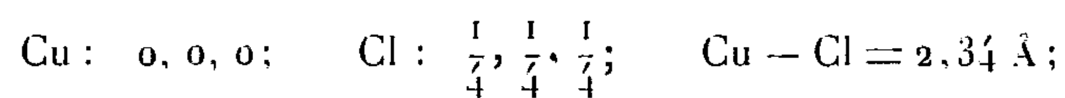
$$\text{As} : u, u, u, \quad \text{avec} \quad u = -0,103, \qquad \text{O} : v, 0, 0, \quad \text{avec} \quad v = 0,175;$$
$$\text{liaison As} - \text{O} = 1,80\ \text{Å}, \qquad a_0 = 11,05\ \text{Å};$$
$$\text{Ca} : -\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \qquad \text{F} = 0, 0, 0;$$
$$\text{liaison Ca} - \text{F} = 2,36\ \text{Å}, \qquad a_0 = 5,45\ \text{Å}.$$

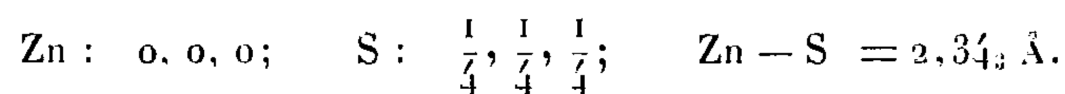
Espacement des plans structuraux (111) contenant As ou F et O ou Ca respectivement liés :

$$As_4O_6 = 0,85_4\ \text{Å}, \qquad CaF_2 = 0,78_6\ \text{Å}.$$

La sénarmontite Sb_4O_6, pour laquelle $a_0 = 11,13$ Å et l'espacement de plans structuraux (111) est égal à 0,996 Å, ne donne qu'une tendance à l'orientation unique.

2° CuCl *sur blende.*





Ces deux exemples montrent qu'un aspect structural peut être associé utilement à la théorie réticulaire classique des épitaxies.

HYDROLOGIE. — *Solubilisation par les eaux naturelles de l'arsenic lié au fer dans les roches sédimentaires.* Note de M. **Marcel Le Peintre**, présentée par M. Louis Hackspill.

La solubilisation de l'arsenic lié au fer dans les roches sédimentaires dépend essentiellement de la valeur du potentiel d'oxydoréduction des eaux naturelles réagissantes.

La présence de l'arsenic a été particulièrement signalée dans les eaux ferrugineuses froides ou chaudes. Les travaux de la Société d'Hydrologie Médicale de 1861 à 1863, analysés par M. Léonardon ([1]), ont amené cet auteur à la conclusion suivante : « L'arsenic existe dans un grand nombre d'eaux même froides et son existence est corrélative à la présence du fer dans ces mêmes eaux ou dans les dépôts spontanés qu'elles forment au contact de l'air ». La présence d'arsenic dans les dépôts ferrugineux indique que ce métalloïde a dû précipiter avec le fer. Cette hypothèse fut vérifiée par A. Gautier ([2]) qui utilisa ce phénomène comme technique de dosage des traces d'arsenic en solution. Cet auteur a montré que le Fe III en précipitant entraîne quantitativement l'arsenic III et V. On comprend alors aisément l'échec des tentatives de dissolution en présence d'air de l'arsenic des roches ferrugineuses.

Les chimistes se sont alors demandé sous quelle forme est l'arsenic dans les eaux ? Byasson ([3]) fut le seul à penser que l'arsenic est trivalent et le fer qui l'accompagne bivalent. Les autres auteurs Thénard ([4]), Bouquet ([5]), Jacquot et Willm ([6]) pensaient que l'arsenic est pentavalent. En 1951, avec H. R. Olivier ([7]), j'ai pu montrer l'exactitude de l'hypothèse de Byasson par la méthode polarographique, ces résultats ont été confirmés

([1]) *Thèse*, Paris, 1924.

([2]) *Bull. Soc. Chem.*, 29, 1903, p. 859.

([3]) *Ann. Soc. Hydr. méd.*, 27, 1811, 1882, p. 102.

([4]) *Comptes rendus*, 39, 1854, p. 763.

([5]) *Ann. Chim. Phys.*, 42, 1854, p. 278.

([6]) *Les eaux minérales de France*, 1894, p. 75.

([7]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 353.

depuis sur un plus grand nombre d'eaux arsenicales ferrugineuses. De l'ensemble de ces observations analytiques il est logique de déduire que l'arsenic lié au fer dans les roches doit passer avec ce métal en solution si ces deux éléments sont amenés au préalable à l'état arsénieux et à l'état ferreux. Cette hypothèse de travail a été vérifiée par les expériences que je vais décrire : Tous les essais de dissolution ont été réalisés avec du tuffeau d'Anjou (roche calcaire renfermant environ 2 mg d'arsenic et 1 g de fer par kilogramme) le pH des solutions réagissantes a été fixé à 7,3. Au pH 7,3 Fe II sera soluble puisque sa précipitation n'est complète qu'au pH 9,3, le Fe III lui, est insoluble à partir du pH 3,4, ces valeurs peuvent être plus élevées en présence de composés organiques ou minéraux complexants. Les potentiels d'oxydoréduction au pH 7,3 ont pour valeurs approximatives — 0,200 V pour Fe II et + 0,500 V pour As III. L'état ferreux entraîne donc automatiquement l'état arsénieux. Pour obtenir au pH 7,3 un potentiel d'oxydoréduction suffisamment bas pour réduire Fe III jai eu recours à un artifice pour retarder la décomposition de l'hydrosulfite de sodium utilisé. Les hydrosulfites alcalins se dismutent en soufre, hydrogène sulfuré et sulfite. En ajoutant du sulfite à la solution d'hydrosulfite j'ai considérablement retardé par action de masse la décomposition de l'hydrosulfite. J'ai vérifié que la solution hydrosulfite-sulfite réduisait, en le solubilisant, l'hydroxyde ferrique en caractérisant l'ion Fe^{++} en solution par la diméthylglyoxime ferreuse ou le $\alpha\alpha'$-dipyridyl. L'expérience suivante a été réalisée : 20 g de tuffeau d'Anjou renfermant 2 mg d'arsenic par kilogramme ont été mis en contact à l'abri de l'air avec 100 cm^3 d'une solution réductrice à pH 7,3 contenant 10 g d'hydrosulfite de sodium et 5 g de sulfite de sodium par litre. Après 24 h, le liquide filtré renfermait 50 mg de Fe II et 0,1 mg d'arsenic par litre, le 1/4 de l'arsenic de la roche a donc été solubilisé. Le pH est resté constant pendant la durée des essais, je n'ai pas fait agir le gaz carbonique, de ce fait, la solution obtenue ne contient que 20 mg de CaO par litre. Il n'y a pas eu attaque de la roche par acidification mais simplement solubilisation de l'arsenic et du fer amenés par réduction sous une forme plus soluble dans les conditions physico-chimiques définies par l'expérience. Sur une terre recueillie sur le tuffeau d'Anjou et renfermant 5 mg d'arsenic par kilogramme, j'ai dissous dans les mêmes conditions 0,2 mg d'arsenic par litre. Après l'examen du mémoire de H. Margulis et J. Gane ([8]) montrant que As_2O_3 n'est pas fixé par CO_3Ca et celui de P. Boischot et J. Hebert ([9]) mettant en évidence la fixation de As_2O_5 par CO_3Ca, j'ai pensé qu'il serait intéressant de traiter le tuffeau d'Anjou par une solution réductrice à pH 7,3 (hypo-

([8]) *Ann. Agro.*, 18, 1948, p. 175.
([9]) *Ann. Agro.*, 18, 1948, p. 426.

sulfite de sodium N/10), ayant un potentiel d'oxydoréduction de + 0,250 V. A ce potentiel Fe III n'est pas réduit mais As V l'est. Dans ces conditions, je n'ai pas obtenu de dissolution appréciable d'arsenic.

L'ensemble de ces essais nous montre la liaison de l'arsenic et du fer qui a dû se produire au moment de la formation de la roche.

Notons, enfin, que l'abaissement du potentiel d'oxydoréduction des eaux naturelles peut être obtenu par les phénomènes biochimiques, c'est ainsi que Betremieux [10] a montré la réduction du Fe III en Fe II par les bactéries du sol.

Pratiquement l'hydrologue ne devra pas omettre de rechercher l'arsenic dans les eaux ferrugineuses, des intoxications graves ayant été signalées par J. Willye [11] avec une eau circulant dans un calcaire ferrugineux contenant 11 mg d'arsenic par kilogramme.

PHYSIOLOGIE. — *Action méthémoglobinisante et transformations métaboliques des dérivés de l'aniline. Étude du dianilide aconitique.* Note [*] de MM. **André Cier** et **Barthélemy Drevon**, présentée par M. Robert Courrier.

L'action antipyrétique du dianilide aconitique [1], mise en évidence sur le Lapin en état d'hyperthermie provoquée, est de même intensité que celle de l'acétanilide mais elle ne s'accompagne pas des effets secondaires toxiques (action méthémoglobinisante, atteinte des hématies) signalés avec les antipyrétiques usuels.

Cette observation nous a incité à étudier le métabolisme de cet anilide.

Quel que soit le métabolite responsable de la transformation de l'hémoglobine en méthémoglobine, B. B. Brodie et J. Axelrod [3] rapportent l'action méthémoglobinisante de l'acétanilide à la désacétylation d'une faible quantité en aniline libre. Chez l'Homme, après ingestion d'acétanilide, ces auteurs ont en effet constaté une certaine corrélation entre le

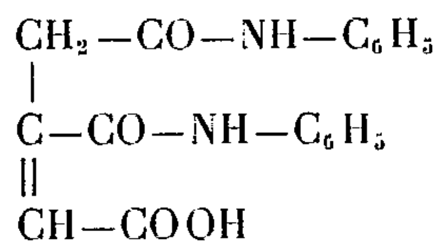
---

[10] *Ann. Agro.*, 1951, p. 193.

[11] *Can. Publ. Health J.*, 28, 1937, p. 128.

[*] Séance du 12 juillet 1954.

[1] Préparé par l'un de nous [2], le dianilide aconitique, $C_{18}H_{16}O_4N_2$, possède la formule développée suivante :



[2] A. Cier, *Thèse Doct. Pharm. État*, Lyon, 1954.

[3] *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, 94, 1948, p. 29.

taux d'aniline plasmatique et la méthémoglobinémie. Auparavant, H. O. Michel et ses collaborateurs ([4]) avaient montré que l'acétanilide était rapidement hydrolysé *in vitro* par de nombreux tissus animaux, en particulier le foie et le rein.

Nous inspirant de ces travaux, nous avons étudié, *in vitro*, l'hydrolyse enzymatique du dianilide aconitique et recherché ses métabolites éventuels.

1. *Hydrolyse enzymatique du dianilide aconitique.* — L'action hydrolysante de suspensions tissulaires de foie et de rein prélevés sur un rat adulte a été étudiée avec l'acétanilide et le dianilide aconitique en reprenant le mode opératoire des auteurs précités. Il a été constaté que le dianilide aconitique n'est pratiquement pas hydrolysé par ces tissus à l'inverse de l'acétanilide.

2. *Recherche des métabolites éventuels du dianilide aconitique.* — L'étude des formes d'élimination de cet anilide a été limitée chez l'Homme et chez le Chien, à la recherche et au dosage éventuel de l'aniline libre, de l'aniline combinée et du paraminophénol. Dans toutes les expériences réalisées, et compte tenu de la limite de sensibilité des réactions utilisées ([5]), nous n'avons pu mettre en évidence dans le sang et l'urine, ni aniline libre, ni paraminophénol. Seule l'aniline, *sous une forme conjuguée* a été décelée dans ces liquides au cours des premières heures de l'élimination. La présence d'une forme conjuguée de l'aniline, autre que le dianilide aconitique, impliquerait son hydrolyse préalable.

Il est classiquement admis que les groupements aminés ne subissent dans l'organisme qu'une simple acétylation, et l'hydrolyse du dianilide aconitique devrait conduire à la présence dans le sang et l'urine, d'aniline libre, d'acétanilide, et de leurs métabolites, essentiellement le paraminophénol. L'absence de paraminophénol, nous permet donc de conclure que le dianilide aconitique est éliminé de l'organisme sans transformation.

Dépourvu d'action méthémoglobinisante *in vivo*, le dianilide aconitique se distingue aussi de l'acétanilide par son métabolisme, et l'absence simultanée d'aniline libre et de méthémoglobine dans le sang après administration de cet anilide est en accord avec l'hypothèse de B. B. Brodie et J. Axelrod ([3]) sur le rôle joué par la désacétylation de l'acétanilide dans la formation de méthémoglobine.

([4]) H. O. Michel, F. Bernheim et M. L. C. Bernheim, *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, 61, 1937, p. 321.

([5]) Nous décrivons ailleurs ([2]) les microméthodes adaptées aux dosages biologiques qui permettent de déterminer moins de 1 μg d'aniline ou de paraminophénol dans la prise d'essai.

ENDOCRINOLOGIE. — *Effet stimulant des gonadotrophines de Mammifères sur la reproduction des Daphnies.* Note de M. **Georges Čehović**, présentée par M. Robert Courrier.

Depuis 1936, de nombreuses recherches ont démontré l'existence de mécanismes hormonaux chez les Invertébrés, en particulier chez les Insectes et les Crustacés.

V. Wigglesworth (1), P. Poulson (2) et P. Joly (3) ont décrit l'activité hormonale des *corpora allata-corpora cardiaca* sur les gonades des Insectes. Ces organes auraient un rôle comparable à celui de l'hypophyse chez les Vertébrés [P. Joly (3), B. Hanstroem (4), M. Thomsen (5)].

D'après H. Heyl (6), G. Towsend et C. Lucas (7), la gelée royale des Abeilles renfermerait une hormone œstrogène et gonadotrophe; un extrait de cette gelée déterminerait le développement des follicules ovariens chez la Ratte impubère.

En utilisant, en clinique, la réaction de grossesse de Galli-Mainini, nous avons observé un accroissement notable des parasites dans l'urine des grenouilles, quand la réaction était positive.

En ajoutant de l'urine de femme enceinte à des élevages de Daphnies, nous avons nettement stimulé leur reproduction.

Depuis 1951, nous avons entrepris des expériences avec diverses préparations de produits gonadotrophes sur une souche de *Daphnia magna* (Straus) provenant du lac de Bochinj (Yougoslavie).

Des travaux très approfondis ont été faits sur ce Cladocère [Cl. Mortimer (8), M. von Dehn (9), M. van Herwerden (10), A. Pacaud (11), M. Treillard (12), E. Fluckiger (13)], mais le problème de son élevage dans un milieu complètement synthétique n'est pas encore entièrement résolu.

---

(1) *Nature*, 136, 1936, p. 338.
(2) *Transact. Connecticut Acad. Arts. Sc.*, 36, 1945, p. 449-469.
(3) *Annales Biol.*, 21, 1945, p. 1-34.
(4) *Endocrinologie des Arthropodes, Colloques int. du C. N. R. S.*, 4, 1947, p. 182-208.
(5) *Nature*, 154, 1940, p. 28.
(6) *Sciences*, 89, 1939, p. 540.
(7) *Biochem. J.*, 34, 1940, p. 1155-1162.
(8) *Zool. Jahrbucher*, 56, 1936, p. 324.
(9) *Zeitschr. f. vergl. Physiol.*, Bd., 13, 1930, p. 334-358.
(10) *Arch. Mikr. Anat.*, 98, 1923, p. 221.
(11) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1050.
(12) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1090.
(13) *Experientia*, 5, 1949, p. 486.

Dans nos expériences résumées ici, nous nous sommes inspiré des méthodes d'élevage des auteurs allemands [Naumann ([14])].

Notre milieu d'élevage est le suivant : on mélange 1 l d'eau de puits et 1 kg de terre de jardin; on fait bouillir l'ensemble à l'autoclave. On prélève le liquide qui surnage et on le dilue dans de l'eau de puits (entre 5-10 %). On ajoute ensuite une petite quantité d'urine de vache non gestante.

Comme nourriture, nous avons utilisé un mélange d'algues d'eau douce (Croocus et Chlorella), cultivées dans le même milieu.

Nous avons toujours travaillé dans les conditions que nous avons rendues le plus possible identiques (lumière, température, oxygène, pH, saison) et avec des Daphnies de la même ponte.

Nous avons observé que, dans les conditions favorables, avec une quantité suffisante de nourriture et d'oxygène, et un nombre restreint d'individus pour un volume donné d'eau, les Daphnies se reproduisent parthénogénétiquement dans le laboratoire pendant des années.

En ajoutant des solutions d'hormones gonadotrophes dans le liquide d'élevage, nous avons constaté deux faits principaux :

1° une augmentation indubitable du nombre des jeunes par ponte,

2° un nombre plus élevé de pontes dans un même laps de temps.

Pour mieux analyser l'effet de l'hormone, nous nous sommes efforcé d'opérer de façon rigoureuse, toutes autres conditions étant identiques.

Après un grand nombre d'expériences, nous avons constaté qu'en augmentant la concentration de l'hormone, nous obtenons l'élévation du nombre des jeunes jusqu'à un certain niveau. En dépassant cet optimum, le nombre des jeunes s'abaisse. L'optimum d'effet semble se trouver entre 0,3-0,6 unité internationale par centimètre cube du milieu. Pour mieux illustrer cet effet, nous donnons ici les résultats d'une de nos nombreuses expériences.

On observe pendant trois périodes consécutives de 5 jours chacune 4 élevages de Daphnies de la même ponte. Chaque lot renferme cinq sujets. Le premier sert de témoin; les trois autres sont soumis à différentes concentrations d'hormone gonadotrophe (a, b, c). On retire chaque jour les jeunes pondus dans chacun des lots et on les compte. Le total des jeunes pondus par élevage dans une période de 5 jours est divisé par 5, on obtient ainsi la moyenne par Daphnie pour cette période. Dans le tableau ci-après, les trois groupes cités, correspondent aux concentrations d'hormone gonadotrophe suivantes : $a = 0,28$, $b = 0,42$ et $c = 0,7$ unité par centimètre cube de milieu.

L'effet stimulant des gonadotrophines de Mammifères sur la reproduction des Daphnies que nous signalons ici, soulève un certain nombre de questions. La première est de savoir si cet effet est dû à la partie active de l'hormone. Pour le mettre en évidence nous avons, dans des expériences encore en cours,

([14]) *Handb. d. Biol. Arbeitsmeth*, Bd. 9, Teil 2/2 *a*, 1922, p. 1435.

ajouté au contrôle les mêmes quantités d'hormone inactivée par chauffage à 68°C pendant 1 h. Cette inactivation entraîne une réduction du nombre des jeunes par rapport à l'hormone intacte.

Périodes de cinq jours consécutives.	Contrôle (5 daphnies) jeunes pondus.	Avec hormone (5 Daphnies dans chaque groupe) jeunes pondus.			Moyenne par une Daphnie (contrôle).	Moyenne par une Daphnie avec hormone.		
		a.	*b.*	*c.*		*a.*	*b.*	*c.*
13-17 septembre....	43	52	45	56	8,6	10,4	9	11,2
18-22 »	55	125	133	102	11,0	25,0	26,6	20,4
23-27 »	13(*)	69	72(*)	77	3,25	13,8	17,1	15,4
TOTAL.......	111	246	250	235	7,61	16,4	17,5	15,6

(*) Une Daphnie morte.

GÉNÉTIQUE. — *Sur le déterminisme génétique du polymorphisme, chez* Cepæa nemoralis *L.* Note de M. **Maxime Lamotte**, présentée par M. Maurice Caullery.

A coté du gène inhibiteur de l'ensemble des bandes (b_+), existent deux gènes inhibiteurs partiels, B_1 et B'_3, déterminant respectivement les formes 00300 et 00345. Ces trois gènes ne sont pas allèles et ne présentent même aucune liaison génétique. B_1 et B'_3 sont également indépendants l'un et l'autre du gène *j* de coloration de la coquille, auquel, en revanche, b_+ apparaît très étroitement lié.

L'Escargot des bois, *Cepæa nemoralis* L., est bien connu par la multiplicité de ses variétés, que déterminent notamment la couleur jaune ou rose de la coquille et diverses combinaisons de bandes sombres. Les travaux de Lang (1904-1912), consacrés au mécanisme de la transmission héréditaire des caractères de ce polymorphisme, ont montré l'existence de deux gènes dont l'action modifie la forme normale à cinq bandes : un gène inhibiteur total des bandes, dominant sur son allèle normal, et qui conduit au type sans bandes (formule 00000); un gène inhibiteur des bandes 1, 2, 4 et 5, conduisant à la forme à une seule bande, 00300; ce gène est lui aussi dominant sur l'allèle normal permettant la présence des cinq bandes, mais dominé, disait Lang, par l'inhibiteur total des bandes.

Il est maintenant possible, à la suite d'élevages laborieux poursuivis depuis plusieurs années, d'apporter quelques résultats précis qui viennent compléter ceux de Lang. Leur intérêt essentiel est de permettre une analyse plus étendue de la structure génétique des populations naturelles, domaine d'étude dans lequel cette espèce constitue un matériel de choix.

Une première série de croisements montre que le gène B_1, déterminant le système de bandes 00300, n'est pas un allèle de l'inhibiteur total conduisant à la forme 00000, que nous avons précédemment appelé b_+ (allèle *b*); nous

désignerons par b_5 l'allèle normal de B_1. Les deux gènes b_+ et B_1 se comportent même comme totalement indépendants :

N°		
9	[00000] × [12345] →	26 [00000] + 16 [00300] + 17 [12345]
19	» » →	16 [00000] + 8 [00300] + 6 [12345]
36	» » →	100 [00000] + 60 [00300] + 44 [12345]
V17	» » →	29 [00000] + 18 [00300] + 14 [12345]

back-cross conformes au schéma théorique :

$$\left[\frac{b_+}{b}\ \frac{B_1}{b_5}\right] \times \left[\frac{b}{b}\ \frac{b_5}{b_5}\right] \rightarrow \frac{1}{4}\left[\frac{b_+}{b}\ \frac{B_1}{b_5}\right] + \frac{1}{4}\left[\frac{b_+}{b}\ \frac{b_5}{b_5}\right] + \frac{1}{4}\left[\frac{b}{b}\ \frac{B_1}{b_5}\right] + \frac{1}{4}\left[\frac{b}{b}\ \frac{b_5}{b_5}\right]$$

[00000] [12345] $\frac{1}{2}$[00000] $\frac{1}{4}$[00300] $\frac{1}{4}$[12345]

De la même façon, nos croisements montrent l'existence d'un gène inhibiteur des deux bandes supérieures 1 et 2, déterminant donc le système de bandes 00345

N°		
V 3	[00345] × [12345] →	16 [00345] + 17 [12345]
V 25	» » →	19 [00345] + 17 [12345]

Ce gène, que nous appellerons B'_3, n'est allèle ni de b, b_+, ni de B_1, b_5, mais occupe un locus propre (allèle usuel b'_3, permettant la réalisation des cinq bandes). Les croisements (back cross) suivants montrent qu'il est indépendant de ces deux couples mendéliens :

N°		
41	[00000] × [12345] →	8 [00000] + 4 [00345] + 3 [12345]
43	[00000] × [12345] →	90 [00000] + 41 [00300] + 19 [00345] + 19 [12345]

Entre les trois gènes b_+, B_1 et B'_3 existent des relations d'épi- et d'hypostasie qui correspondent au fait général énoncé par Lang sous la forme : « l'absence de bandes domine sur leur présence ». Il convient, en fait, de dire que l'absence de bandes est un caractère épistatique par rapport aux autres systèmes, tout au moins en ce qui concerne les trois variétés étudiées ici : 00000, 00300 et 00345, dont chacune est par ailleurs dominante sur le système 12345.

Outre le système de bandes, plusieurs croisements font aussi intervenir la coloration de la coquille, dont on sait que le caractère rose domine sur le caractère jaune [1].

Une indépendance totale a été reconnue entre ce couple de caractères,

(1) LAMOTTE, *Bull. Biol.*, 1951, suppl. XXXV.

correspondant aux gènes que nous avons précédemment appelés j et j_{+}, et les gènes inhibiteurs partiels des bandes, B_1 et B'_3 :

N°	
V 22...	[00300] R × [12345] J → 11 [00300] J + 11 [00300] R + 6 [12345] J + 8 [12345] R
V 25...	[00345] R × [12345] J → 10 [00345] J + 9 [00345] R + 9 [12345] J + 8 [12345] R

Au contraire, le couple de caractères jaune-rose présente un linkage étroit avec le gène b_{+} déterminant l'inhibition totale des bandes :

N°	
V 1............	[00000] R × [12345] J → 134 [00000] J + 146 [12345] R + 1 [12345] J
V 13............	[00000] R × [00300] J → 7 [00000] R + 8 [avec bandes] J + 1 [00000] J
V 15............	[00000] R × [12345] J → 58 [00000] R + 60 [12345] J
V 17............	[00000] R × [12345] J → 29 [00000] J + 22 [avec bandes] R
V 26............	[00000] R × [12345] J × 12 [00000] R + 16 [12345] J

La liaison entre les gènes jaune ou rose et l'inhibiteur total de bandes apparaît très stricte, puisque, sur 494 individus de ces « back-cross », deux recombinaisons seulement ont été observées, soit un pourcentage de 0,4 %.

Ce linkage étroit est en désaccord avec un résultat de C. Diver et R. A. Fisher (²) indiquant un taux de recombinaison de 20-25 %, mais peut-être le parent n'était-il pas vierge. Il confirme, au contraire, un résultat non publié de Stelfox, cité par les deux auteurs précédents, de liaison absolue entre les deux couples de caractères, observée dans un back-cross identique aux nôtres, comportant une cinquantaine de descendants.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Chromatographie quantitative des nucléotides des acides ribonucléiques tissulaires.* Note de MM. **Jean Montreuil** et **Paul Boulanger**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Les auteurs décrivent une technique d'analyse quantitative rapide des nucléotides des acides ribonucléiques des tissus par hydrolyse sodique directe, suivie de fractionnement sur échangeurs d'ions et de chromatographie quantitative sur papier, évitant les inconvénients de l'isolement préalable des acides nucléiques et permettant d'opérer sur de faibles quantités de matière première.

La chromatographie quantitative sur papier des ribonucléotides obtenus par hydrolyse sodique des acides ribonucléiques purs constitue une méthode aisée et rapide, mais l'isolement préalable des acides ribonucléiques nécessite de grandes quantités de tissus et n'évite pas les causes d'erreur consécutives à une hydrolyse partielle des acides nucléiques. La technique

(²) *Nature*, 133, 1934, p. 834.

que nous proposons dérive de celle que nous avons déjà décrite ([1]) : elle réalise la séparation chromatographique quantitative de ribonucléotides obtenus par hydrolyse *directe* des tissus.

Les organes ou tissus, prélevés immédiatement après la mort de l'animal, sont homogénéisés trois fois dans une solution d'acide trichloracétique à 10 %. Le précipité, lavé à l'alcool absolu, puis délipidé par un mélange alcool-éther (v/v) bouillant, est enfin hydrolysé par une solution de soude N/2 (4 à 5 ml/g de tissu frais) à 37° C pendant 24 h. L'hydrolysat est ajusté à pH 4,5 par addition d'acide formique concentré et le précipité protéique est éliminé par centrifugation. La solution, complétée à un volume de 500 ml avec de l'eau distillée, est passée lentement sur une colonne de 10 à 15 g de *Deacidite* 200 sous sa forme formiate (régénération par passage de 500 ml d'un mélange tampon à parties égales de formiate de sodium M/2 et d'acide formique M/2, suivie d'un lavage par une solution d'acide formique à 1 ‰). On élimine ainsi les ions sodium et la majeure partie des produits d'hydrolyse sodique des protéines. Un premier développement est réalisé par le passage de 500 ml d'une solution d'acide formique à 2 %. La fraction F_1 obtenue contient les acides adénylique et cytidylique. Ensuite, le passage de 500 ml d'une solution de formiate de sodium et d'acide formique (respectivement 12 g et 20 ml/500 ml d'eau distillée) donne une fraction F_2, contenant les acides uridylique, guanylique et phosphorique ([2]); on élimine les ions sodium provenant du mélange tampon par un passage sur une colonne de 60 g de *Permutite* 50. Les fractions F_1 et F_2 réunies sont concentrées sous pression réduite à 35° C, puis évaporées à siccité. Le résidu, repris par une quantité calculée d'une solution ammoniacale diluée, est soumis, après centrifugation, à une séparation chromatographique sur papier dans le système-solvant : phénol-isopropanol-acide formique-eau (85 : 5 : 10 : 100). La révélation et le dosage des nucléotides sont effectués suivant le mode opératoire précédemment publié ([3]).

Voici, à titre d'exemple, les proportions moléculaires des nucléotides de l'acide ribonucléique du foie de Cheval, déterminées par notre méthode : acide uridylique : 1,2; acide guanylique : 1; acide cytidylique : 1,6; acide adénylique : 1,2.

([1]) P. Boulanger et J. Montreuil, *Biochim. Biophys. Acta*, 9, 1952, p. 619.

([2]) La fraction F_2 contient également des dérivés phosphorylés dont nous avons précédemment révélé l'existence ([1]). Deux d'entre eux, dont nous n'avons pu jusqu'à présent préciser la structure, n'existent que dans les mitochondries, à un taux relativement élevé. Nous avons d'autre part identifié, en faible quantité, des esters phosphoriques de l'inositol liés aux protéines.

([3]) P. Boulanger et J. Montreuil, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1951, p. 784 et 791.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la biosynthèse du ribose des acides nucléiques de* Torula utilis. Note de MM. **Serge David** et **Jacques Renault**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'activité moléculaire du ribose des acides nucléiques de *Torula utilis*, cultivée sur glucose-2 ^{14}C comme source de carbone est très voisine de celle du glucose utilisé. On en retrouve 92 % sur un fragment de coupure qui groupe les carbones 1, 2, 3, du ribose.

On a proposé deux mécanismes pour la biosynthèse du ribose à partir du glucose. L'un (*a*) fait intervenir une élimination oxydative du C_1 du glucose, l'autre (*b*) une condensation entre des produits de dégradation du glucose à deux ou trois carbones. Si le mécanisme (*b*) semble opérer chez les animaux supérieurs ([1]), ([2]), les expériences avec le glucose-1 ^{14}C de Cohen et Lanning ([3]) et de Sowden et collaborateurs ([4]) indiquent une incorporation faible (20-29 %, *Escherichia coli*) ou très faible (*Torula utilis*) de l'isotope dans le ribose, ce qui s'accorde avec le mécanisme (*a*).

Nous avons pensé que l'utilisation comme source de carbone du glucose-2^{14}C permettrait une étude du problème en évitant de faire appel à des expériences négatives. La synthèse de ce composé a été signalée mais non publiée ([5]), et nous l'avons donc préparée par une méthode indépendante qui sera décrite en détail dans une publication ultérieure et repose sur deux synthèses de Fischer-Kiliani consécutives, à partir du D-érythrose, utilisant successivement $K^{14}CN$ et NaCN, mises au point préalablement avec des composés inactifs ([6]).

On a cultivé la levure sur un milieu minéral additionné d'eau de levure avec le glucose-2^{14}C comme source de carbone (1,000 g, 2,7 μc). Après 72 h, les cellules (poids sec : 298 mg) sont traitées de la façon habituelle pour obtenir les acides nucléiques (64,5 mg). On hydrolyse ceux-ci par l'acide sulfurique *n*/10 pendant 6 h à l'ébullition et à partir de la solution résultante, déionisée sur échangeurs d'ions, puis concentrée à 2 cm³ à basse température, on précipite la ribosazone, recristallisée trois fois dans l'alcool à 50 % (4,7 mg, F 165°). Glucose et ribosazone sont comptés en couche mince dans les mêmes conditions. Les activités mesurées sont au moins égales à dix fois le fond du compteur :

Glucose de départ........................	29,0 c/mn/μmole
Ribosazone..............................	32,7 »

([1]) Mc Geown et Malpress, *Nature*, 4936, 1954, p. 212.

([2]) Bernstein, *J. Biol. Chem.*, 205, 1953, p. 317.

([3]) *J. Biol. Chem.*, 207, 1954, p. 193.

([4]) Sowden, Frankel, Moore et Mc Clary, *J. Biol. Chem.*, 206, 1954, p. 547.

([5]) Isbell et Frush, *Ann. Rev. Biochemistry*, 1953, p. 111.

([6]) David et Renault, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 61.

La ribosazone est diluée avec un échantillon inactif, recristallisée (10 mg), et oxydée par le métaperiodate de sodium. On obtient ainsi la *bis*-phénylhydrazone de l'aldéhyde mésoxalique (carbones 1, 2, 3 du ribose), recristallisée dans l'alcool dilué (4 mg, F 195° avec sublimation), et par entraînement à la vapeur, du formol (carbone 5), recueilli sous forme de formal-dimédon (F 181-185°, non purifié).

Activités mesurées, de deux à quatre fois le fond du compteur.

Ribosazone	5,7 c/mn/μmole
Bis-phénylhydrazone de l'aldéhyde mésoxalique	5,3 »
Formal-dimédon	0

On retrouve donc 92 % de la radioactivité dans le premier fragment de coupure, ce qui peut s'accorder avec le mécanisme (*a*), prépondérant, mais non exclusif.

PHARMACOLOGIE. — *Anticholinestérasiques*. II. *Dérivés analogues à la prostigmine. Influence de la structure chimique sur l'intensité et la sélectivité de l'action antiacétylcholinestérasique*. Note (*) de Mlle **France Depierre** et M. **Albert Funke**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous nous proposons dans cette publication d'établir des relations entre la structure chimique et la sélectivité de l'action antiacétylcholinestérasique des dérivés étudiés dans notre Communication précédente ([1]). Si nous exprimons cette sélectivité par le rapport des concentrations moléculaires de l'inhibiteur nécessaires pour inhiber de 50 % (*in vitro*) la cholinestérase plasmatique (*b*) et la cholinestérase globulaire (*a*) nous obtenons les résultats indiqués dans le tableau ci-après.

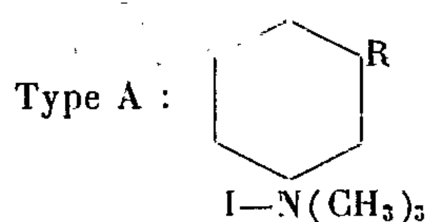
Ces résultats ne sont valables que dans des conditions expérimentales bien déterminées, l'intensité de l'inhibition étant dépendante du temps d'incubation de l'enzyme avec l'inhibiteur, de la concentration de l'enzyme et de celle du substrat.

Les nombres donnés sont ceux obtenus après un temps d'incubation de l'enzyme inhibiteur de 60 mn environ et dans les 10 premières minutes après addition de l'acétylcholine au mélange enzyme-inhibiteur. Les concentrations respectives d'acétylcholine sont de 0,0025 M pour la cholinestérase globulaire et de 0,06 M pour la cholinestérase plasmatique (cholinestérases de Chien). La dilution globulaire (hématies lavées et hémolysées) est au 18e et celle du plasma (citraté) au 30e. Toutes les solutions sont faites en milieu bicarbonaté à 0,025 M.

(*) Séance du 19 juillet 1954.

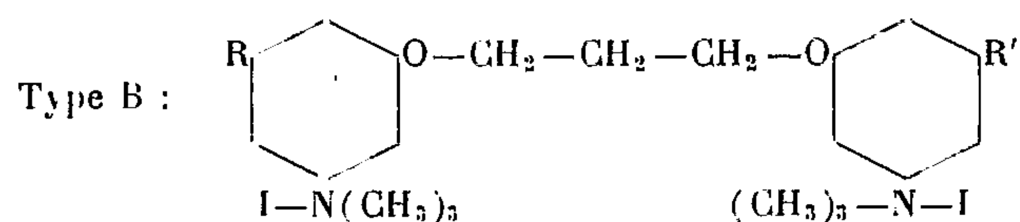
([1]) A. Funke, J. Bagot et F. Depierre, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 329.

Type A :



CT.	R.	$\frac{b}{a}$.
PHT.........	H	$\frac{1.10^{-4}}{1.10^{-3}} = < 1$
2 861.........	OH	$\frac{1.10^{-4}}{5.10^{-5}} = 2$
Prostigmine...	$OCON(CH_3)_2$	$\frac{1.10^{-8}}{1.10^{-8}} = \leq 1$

Type B :



CT.	R.	R'.	$\frac{b}{a}$.
2 842.....	H	H	$\frac{1.10^{-3}}{5.10^{-8}} = 20\,000$
3 443.....	OH	H	$\frac{5.10^{-5}}{1.10^{-9}} = 50\,000$
3 116.....	OH	OH	$\frac{5.10^{-5}}{2.10^{-10}} = 250\,000$
3 152 (*)...	$OCON(CH_3)_2$	H	$\frac{5.10^{-9}}{6.10^{-10}} = 8$
3 113 (*)...	$OCON(CH_3)_2$	$OCON(CH_3)_2$	$\frac{5.10^{-8}}{1.10^{-9}} = 50$

CT. Référence des produits du Laboratoire de Chimie thérapeutique de l'Institut Pasteur.

(*) L'activité très élevée de ces produits nous a obligés à prendre des précautions très rigoureuses; après des expériences répétées avec des cholinestérases spécifiques [2] nous avons été amenés à modifier les chiffres de 1.10^{-16} et 1.10^{-14} publiés dans une communication préliminaire [3] et de les ramener aux valeurs du tableau [1].

Les conditions nécessaires pour que s'établisse un équilibre entre l'inhibiteur et l'enzyme sont variables pour chaque inhibiteur : c'est ainsi que pour le 2861 CT, l'équilibre est instantané, tandis que pour le 3113 et le 3152 CT, un temps minimum d'incubation est nécessaire; il est d'environ 5 mn pour 3152 et de 60 mn pour le 3113 CT.

D'après nos résultats résumés dans le tableau ci-dessus, on voit que si l'activité antiacétylcholinestérasique de l'iodure de phényltriméthylammonium (PHT) est faible, celle du diiodométhylate de *bis* (*m*-diméthylaminophénoxy)-1.3 propane (2842 CT) est au contraire très élevée et présente une sélectivité remarquable. Dans le premier cas, l'introduction d'une fonction uréthane augmente dans les mêmes proportions l'action inhibitrice vis-à-vis de la vraie et de la pseudocholinestérase (prostigmine); dans le second cas elle élève beaucoup plus le pouvoir inhibiteur vis-à-vis de la pseudocholinestérase, ce qui entraîne une réduction énorme de la sélectivité : de 2 500 fois dans le cas du 3152 (une fonction uréthane); de 400 fois dans le cas du 3113 (deux fonctions uréthane).

Le produit d'hydrolyse de la prostigmine, c'est-à-dire le sel d'ammonium quaternaire du 3-oxyphényltriméthylammonium manifeste vis-à-vis des deux cholinestérases une activité inhibitrice beaucoup plus faible que le dérivé carbamique correspondant (type A); par contre le 3116 CT obtenu à partir

(2) W. F. Riker, *The Amer. J. of Med.*, 15, 1953, p. 231.

(3) A. Funke, F. Depierre et W. Krucker, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 762.

du dérivé (type B) à deux fonctions uréthane (3113 CT) s'il se montre 1 000 fois moins actif que ce dernier sur la pseudocholinestérase globulaire est 5 fois plus actif sur la cholinestérase globulaire.

Nous pouvons conclure pour ce groupe de corps que :

1° En l'absence de fonctions uréthane il est nécessaire d'avoir deux noyaux benzéniques porteurs chacun d'une fonction ammonium quaternaire en position convenable pour obtenir une action anti-acétylcholinestérasique importante (produits du type B); ces derniers dérivés manifestent une action élevée et sélective; le 3116 CT (diphénoxyalcane porteur de deux fonctions phénoliques libres) se montre même plus actif que l'ester carbamique correspondant.

2° L'introduction d'une ou deux fonctions uréthane suffit pour diminuer considérablement cette sélectivité.

SÉROLOGIE. — *Propriétés biologiques non spécifiques de l'Euglobuline* I_1 *de Sandor.* Note (*) de M. **Robert Vargues** et Mlle **Simone Labrosse**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'Euglobuline I_1 est une γ-euglobuline lente, particulière à certains états pathologiques. Cette euglobuline possède les caractères biologiques suivants : elle précipite à froid (cryoglobuline), elle agglutine à froid les hématies (agglutinine froide), elle est fortement anti-complémentaire. Ces propriétés présentées par les solutions de l'Euglobuline I_1 se trouvent dans les sérums riches en Euglobuline I_1.

Sous le nom d'Euglobuline I_1 on désigne le précipité protidique obtenu en abaissant, par dialyse ou par dilution dans l'eau distillée, la force ionique d'un sérum dont le pH est maintenu à 7,4.

Cette globuline sérique décrite par Sandor (1), (2) est facilement mise en évidence par la « fiche réticulo-endothéliale » (3). Ce test montre que l'Euglobuline I_1 se trouve en quantités notables dans les affections suivantes : certaines parasitoses (paludisme, kala-azar, maladie du sommeil), cirrhoses du foie, septicémies bactériennes.

Or les sérums des sujets atteints de ces affections présentent un certain nombre de propriétés biologiques non spécifiques. Nos expériences montrent que ces propriétés sont en relation étroite avec la présence de l'Euglobuline I_1 dans le sérum de ces malades (4).

1. *L'Euglobuline* I_1 *est une cryoglobuline.* — La cryoglobulinémie massive est rare (5). Nous l'avons observée une fois chez un cirrhotique. Dans ce cas nous

(*) Séance du 19 juillet 1954.

(1) G. Sandor, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1951, p. 1483.

(2) G. Sandor et C. Skrobisz, *Ann. Inst. Pasteur*, 75, 1948, p. 532.

(3) R. Vargues, *Ann. Inst. Pasteur*, 84, 1953, p. 465.

(4) S. Labrosse, *L'Euglobuline* I_1 *de Sandor. Thèse Pharmacie Alger*, 1954.

(5) A. Ravina, *Presse Médicale*, 59, 1951, p. 1595.

avons pu constater que la cryoglobuline est une γ-globuline insoluble dans l'eau, présentant les caractères de l'Euglobuline I_1 ; le sérum privé de l'Euglobuline I_1 par dialyse ne précipite plus à froid.

Dans les cas de cryoglobulinémie discrète semblables à ceux décrits par Barr [6], il est possible de montrer que l'Euglobuline I_1 représente la cryoglobuline ; en effet, toutes les solutions de cette globuline précipitent à + 4° et se redissolvent à 37°.

2. *L'Euglobuline* I_1 *se comporte comme une agglutinine froide.* — Les solutions d'Euglobuline I_1 agglutinent à froid les globules rouges humains du groupe O. L'agglutination disparaît quand on réchauffe le tube à 37°. L'agglutination à froid des hématies exige des concentrations en Euglobuline I_1 au moins égales à 1 °/₀₀.

Les sérums riches en Euglobuline I_1 possèdent un titre notable « d'agglutinines froides ». Ce titre diminue considérablement ou devient nul quand on supprime par dialyse l'Euglobuline I_1 de ces sérums.

Enfin, les euglobulines sériques recueillies à des pH inférieurs au point isoélectrique de l'Euglobuline I_1 ne possèdent pas la propriété d'agglutiner les hématies à + 4°.

L'action cryo-agglutinante de l'Euglobuline I_1 semble devoir être rattachée à son insolubilité à froid : quand la température s'abaisse, des molécules d'Euglobuline I_1 sont adsorbées sur les hématies en même temps que d'autres molécules se rassemblent en micelles comme dans la précipitation à froid ; la température s'abaissant encore, l'aggrégation des molécules d'Euglobuline I_1 s'accentue et entraîne l'agglutination lâche des hématies.

3. *L'Euglobuline* I_1 *possède un fort pouvoir anti-complémentaire.* — Le pouvoir anti-complémentaire de l'Euglobuline I_1 est mis en évidence par les observations suivantes :

a. Les solutions d'Euglobuline I_1 inhibent fortement l'activité alexique des sérums frais de cobaye : des doses de 1 à 3 mg d'Euglobuline I_1 sont capables de neutraliser deux unités alexiques.

b. Les sérums riches en Euglobuline I_1 et privés de leur alexine par vieillissement aseptique possèdent un pouvoir anti-complémentaire marqué. Ce pouvoir disparaît quand on détruit l'Euglobuline I_1 par chauffage du sérum à 56° ou quand on extrait de ces sérums par dialyse l'Euglobuline I_1.

c. Seules les préparations euglobuliniques contenant de l'Euglobuline I_1 sont anti-complémentaires : les euglobulines de point isoélectrique bas ne possèdent pas cette propriété.

Cette action anti-complémentaire de l'Euglobuline I_1 peut s'interpréter en admettant que les molécules d'Euglobuline I_1 viennent tapisser la surface des

---

(6) Barr et coll., *Ann. Intern. Med.*, 32, 1950, p. 6.

globules rouges sensibilisés par l'hémolysine et masquent ainsi le groupe complémentophile de ces anticorps.

4. *L'Euglobuline* I_1 *est une cause d'erreur dans les dosages d'alexine.* — Les maladies humaines dans lesquelles ont été décrites des diminutions de l'alexine ([7]) sont précisément remarquables par l'augmentation du taux de l'Euglobuline I_1. Or cette Euglobuline I_1 peut exercer un pouvoir anticomplémentaire vis-à-vis de l'alexine de ces sérums et par conséquent en fausser le dosage. Deux facteurs interviennent dans ce phénomène :

a. Le *taux d'Euglobuline* I_1 qui doit être supérieur à 1 g par litre.

b. La *température* à laquelle est effectué le mélange des réactifs (suspension globulaire, sérum hémolytique et sérum frais); à basse température ou même à température ambiante, l'Euglobuline I_1 agit plus rapidement que l'alexine et se fixe sur les globules sensibilisés, elle manifeste alors son pouvoir anticomplémentaire et neutralise l'alexine; à 37° ce pouvoir anticomplémentaire de l'Euglobuline I_1 est peu actif, l'alexine peut exercer son action lytique vis-à-vis des globules rouges sensibilisés.

Conclusion. — Ces diverses propriétés de l'Euglobuline I_1 sont remarquables par l'absence de spécificité. En effet, elles se rencontrent dans des maladies aussi différentes que les cirrhoses du foie, le kala-azar ou l'endocardite d'Osler. D'autre part, dans ces activités l'Euglobiline I_1 n'intervient pas de façon spécifique, c'est-à-dire en agissant par des récepteurs spécifiques sur les hématies ou l'alexine, mais seule entre en jeu la faible solubilité de l'Euglobuline I_1. L'Euglobuline I_1 n'apparaît ni comme un auto-anticorps qui serait spécifique des hématies humaines, ni comme une antialexine spécifique.

La séance est levée à 15 h 30 m.

R. C.

([7]) ECKER et coll., *J. Clin. Inv.*, 25, 1946, p. 800.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1954.

(*Suite et fin.*)

Extraits de *The American Journal of Botany*. Vol. XXXIII, 1946 : *Interspecific crosses involving* Datura ceratocaula *obtained by embryo Dissection*, by Suzanne W. McLean. Vol. XXXV, n° 5, 1948 : *Fertilization in six incompatible species crosses of Datura*, by Marie-Hélène Sachet. Vol XXXV, n° 8, 1948 : *Embryo development in four Datura species following self and hybrid Pollinations*, by Mary E. Sanders. Vol. XXXVII, n° 1, 1950 : *Inhibiting effect of autoclaved malt preventing the in vitro growth of Datura embryos*, by Babette Solomon. Vol. XXXVII, n° 1, 1950 : *Development of self and hybrid Datura embryos in artificial culture*, by Mary E. Sanders. Vol. XXXVII, n° 3, 1950 : *Overcoming barriers to crossability due to style length*, by Catherine Gardella. Vol. XL, n° 8, 1953 : *Chromosome end arrangements in Datura inoxia D. meteloides and D. metel*, by Sophie Satina ; 7 fasc. 26 cm.

Abecedario de Reflexiones sobre topicos medico-quirurgicos, por Jose Hernandez d'Empaire. Maracaïbo, Universidad del Zulia, 1953 ; 1 vol. 23,5 cm.

Año centenario de la fundacion de los estudios medicos en el Zulia, por Joaquin Estevy Parra. Maracaibo, 1954 ; 1 fasc. 22,5 cm.

Universidad nacional del Zulia. Maracaibo, s. d. ; 1 vol. 23 cm.

The Rumford bicentennial, by Harlow Shapley, in *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*. Vol. LXXXII, n° 7, 1953 ; 1 vol. 23 cm.

William Hyde Wollaston MSS. at Cambridge, by L. F. Gilbert, Reprinted from *Notes and Records of the Royal Society of London*. Vol. IX, 1952 ; 1 fasc. 25 cm.

Union géodésique et géophysique internationale. Xe Assemblée générale Rome 14-25 septembre 1954. *Programme préliminaire*. Roma, Consiglio nazionale delle Ricerche, 1954 ; 1 fasc. 21 cm (en langue italienne).

Études américaines. Paysages, régions, explorateurs et cartes, par Emmanuel de Margerie. T. 2. Ouvrage publié avec le concours de l'U. N. E. S. C. O. et du Centre national de la recherche scientifique. Paris, Armand Colin, 1954 ; 1 vol. 28 cm.

Les poissons singuliers, par Léon Bertin, in *Les heures scientifiques*. Préface de Georges Duhamel. Paris, Dunod, 1954 ; 1 vol. 21 cm.

Mécanique rationnelle, par Charles Platrier. T. 1. Paris, Dunod, 1954 ; 1 vol. 25 cm.

La thèse de doctorat d'Auguste Laurent et la théorie des combinaisons organiques (1836), par Jean Jacques. Extrait du *Bulletin de la Société chimique de France*, D. 31. Paris, Masson et Cie, 1954 ; 1 fasc. 27 cm.

Direction générale des mines et Services géologiques. Services géologiques du Portugal. *Nymphéacées fossiles du Portugal*, par Carlos Teixeira. Lisbonne, 1945; 1 fasc. 32 cm.

Id. — *Les Vertébrés du Burdigalien supérieur de Lisbonne*, par Georges Zbyszewski. Lisbonne, 1949; 1 fasc. 32 cm.

Akademia nauk SSSR. *Glavnia astronomitcheskaia observatoria akademij nauk SSSR V Poulkove* (1839-1953). Moskva-Leningrad .Izdatelistvo Akademi nauk SSSR, 1953; 1 vol. 20 cm.

The continental reputation of Stephen Hales, by H. Guerlac. Extrait des *Archives internationales d'histoire des sciences*, n° 15, 1951; 1 fasc. 24 cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 AOUT 1954.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES DURAND-VIEL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Pierre Pruvost**, élu Membre de la Section de minéralogie le 24 mai 1954 en remplacement de M. *Emmanuel de Margerie*, décédé, est introduit en séance par M. le Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques.

M. le **Président** donne lecture du décret en date du 19 juillet 1954 approuvant son élection, et l'invite à prendre place parmi ses Confrères.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Ombellifères. Développement de l'embryon chez le* Torilis Anthriscus *Gmel.* Note de M. **René Souèges**.

Le *Torilis* est une Ombellifère de la tribu des Caucalinées comme la Carotte; dans les deux plantes les lois embryogéniques sont analogues, les mêmes que celles qui ont déjà été observées chez deux Amminées, l'*Apium inundatum* et le Cerfeuil cultivé. Entre les tribus de la famille, il apparaît qu'il ne résiderait pas de différences correspondant à celles qui sont tirées des caractères purement organographiques du fruit.

La plus simple et la plus rationnelle classification des Ombellifères est celle qui a été adoptée par Ph. Van Tieghem (1) et par L. Guignard (2). Elle repose sur le mode d'inflorescence en ombelles simples ou composées, sur la présence de côtes primaires et secondaires à la surface de l'achaine, sur la forme arrondie, aplatie latéralement ou dorsalement, qu'offre la section de ce fruit. Elle aboutit à la séparation de sept tribus à peu près dénommées de la même manière par les deux auteurs. Il n'est pas indifférent de savoir si les différences déjà observées dans les processus embryogéniques chez quelques espèces d'Ombellifères s'accordent avec les caractères différentiels, de pure morphologie externe, qui ont servi à l'établissement des divisions taxinomiques au sein de la famille. Jusqu'ici les recherches n'ont pas été assez nombreuses pour que l'on puisse se prononcer sur ce sujet. Mes observations sur l'*Apium inundatum*

---

(1) Ph. Van Tieghem, *Éléments de Botanique*, Paris, 1898 et 1906.

(2) L. Guignard, *Le Jardin botanique de l'Ecole de Pharmacie*, Paris, 1903.

Reich. [3] et l'*Anthriscus Cerefolium* Hoffm. [4] ont fait ressortir les analogies profondes qu'offrent ces deux plantes, de la tribu des Amminées, avec le *Daucus Carota*, de la tribu des Caucalinées, antérieurement examiné par H. A. Borthwick [5]. L'étude d'une autre Caucalinée, le *Torilis Anthriscus*, permettra-t-elle de confirmer ces rapprochements ?

La figure 3 représente la tétrade linéaire *première*, en C_2, issue de la division des deux éléments superposés du proembryon bicellulaire (*fig.* 1), la division de la cellule basale précédant celle de la cellule apicale (*fig.* 2). Le proembryon octocellulaire de la figure 6 résulte à son tour de la segmentation transversale des éléments de la tétrade; les cellules tirant origine de *cb* se segmentent encore avant celles qui proviennent de *ca*. Les quatre éléments que produit celle-ci, *l* ou *ce*, *l'* ou *cf*, *m* et *ci*, constituent la tétrade *seconde*, de même catégorie que la tétrade première; ces quatre éléments engendrent seuls l'embryon proprement dit, les quatre éléments inférieurs entrent dans la construction du suspenseur. Ce dernier atteint parfois de grandes dimensions (*fig.* 11, 12); ses éléments constitutifs manifestent une activité de division fort variable; il est difficile de dire exactement comment ils dérivent les uns des autres.

Les figures 7, 8, 10 montrent comment les deux éléments supérieurs *l* et *l'* de la tétrade seconde, en se segmentant longitudinalement, produisent deux dyades superposées correspondant à deux quadrants supérieurs et à deux quadrants inférieurs.

Les cloisons dans les quadrants supérieurs sont généralement anticlines à direction horizontale (*fig.* 13 à gauche, 16, 17, 18, 19 à droite, 20) ou verticales (*fig.* 15 à droite), rarement périclines (*fig.* 19 à gauche) ; les cloisons suivantes se succèdent irrégulièrement ; un tissu épiphysaire (*te*, *fig.* 26) apparaît nettement quand, semble-t-il, les premières cloisons sont tout d'abord anticlines à direction horizontale. Les quadrants supérieurs engendrent la partie cotylée *s. lato* ; en 26, se voit nettement la séparation de l'épicotyle (*te*) et de la partie cotylée *s. stricto*. Dans les quadrants inférieurs, le cloisonnement est, en général, longitudinal (*fig.* 13, 15 à 18), quelquefois oblique (*fig.* 14) ; les divisions transversales apparaissent ensuite (*fig.* 19, 20, 22, 25) séparant deux assises (*fig.* 24, 25) ; plus tard il s'en constitue un plus grande nombre ; ces assises contribuent à la génération de la partie supérieure de l'hypocotyle, c'est-à-dire au primordium de la tige hypocotylée.

L'élément *m* de la tétrade (*fig.* 6 à 8) se segmente longitudinalement (*fig.* 9, 10, 11, 12, 16) tantôt plus ou moins obliquement (*fig.* 13, 15, 17, 18). A ces premières divisions en succèdent de nouvelles, verticales généralement (*fig.* 19, 20, 23, 24), puis transversales (*fig.* 22, 25, 26). Les assises ainsi constituées correspondent à la partie inférieure de l'hypocotyle, c'est-à-dire au primordium de la racine. Les cellules voisines de l'axe dans l'assise la plus inférieure peuvent être considérées comme les initiales de l'écorce de la racine. Dans tous les cas, *ci* (*fig.* 6, 7) se partage transversalement en deux éléments superposés *n* et *n'* (*fig.* 8, 9, 10), *n* engendre la partie centrale de la coiffe (*fig.* 20 à 26), *n'* participe à la construction du suspenseur, mais il est difficile de dire dans quelle mesure.

En somme, tous les détails de cette histoire ressemblent étrangement à ceux qui ont été donnés au sujet du *Daucus Carota*, de l'*Apium inundatum* et de l'*Anthriscus Cerefolium*. Les lois embryogéniques dans toutes ces espèces sont

(3) R. Souèges, *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 128.
(4) R. Souèges, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 141.
(5) H. A. Borthwick, *Bot. Gazet.*, 92, 1931, p. 23.

fondamentalement les mêmes. On peut simplement faire remarquer que la disposition en 4 octants supérieurs et 4 octants inférieurs, particulièrement utile à l'établissement de la correspondance des formes à la 4[e] génération, n'a été observée que chez l'*Apium*; que le blastomère *ci*, dans quelques exemples, ou sa cellule-fille supérieure *n*, dans d'autres, produit le primordium de la coiffe; qu'un proembryon octocellulaire à sept étages avec deux éléments supérieurs juxtaposés, a été uniquement rencontré chez le *Daucus*, avec quelques autres formes aberrantes. Mais ce ne sont là que des

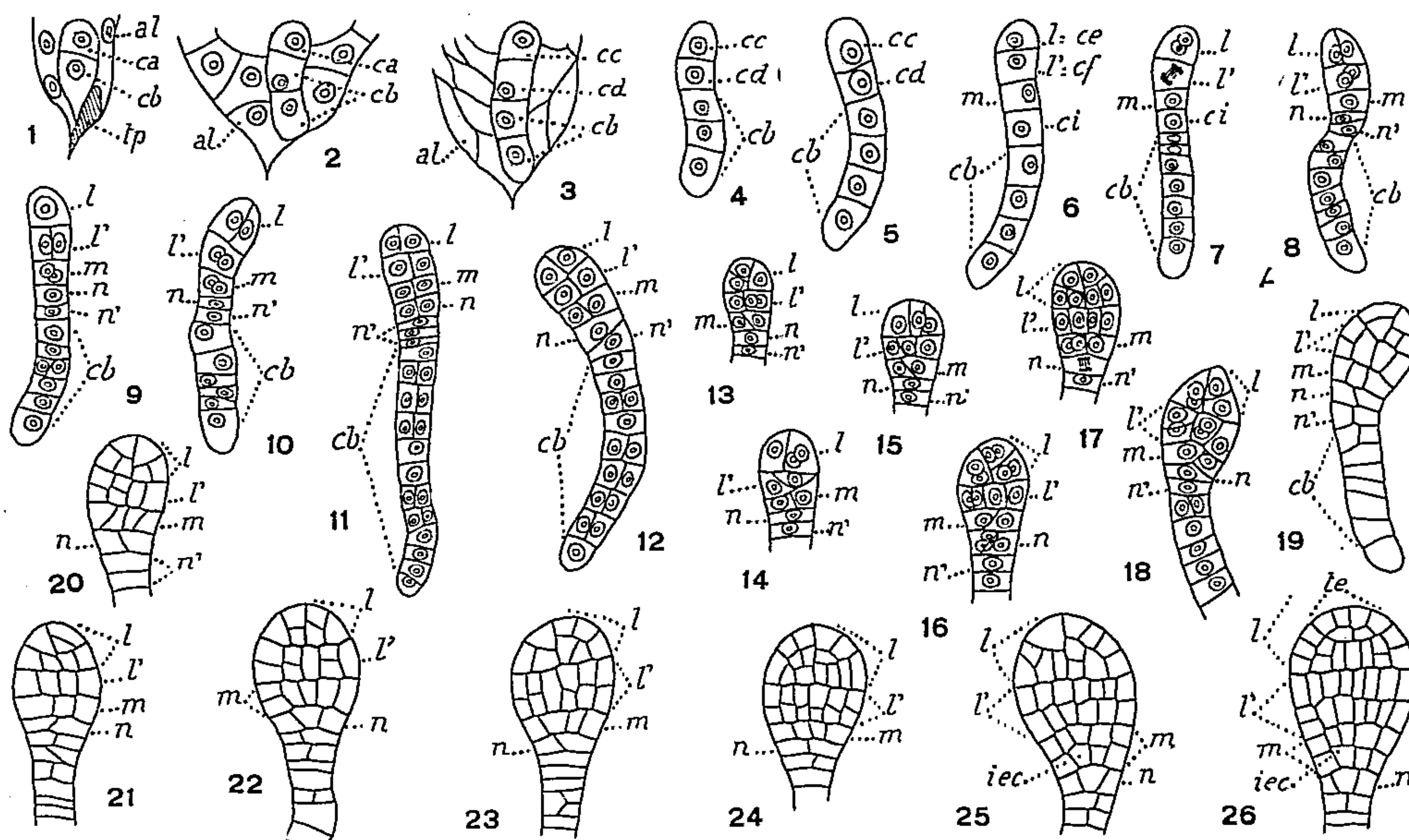


Fig. 1 à 26. — *Torilis Anthriscus* Gmel. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca*, cellule apicale du proembryon bicellulaire; *cb*, cellule basale ou partie inférieure du suspenseur; *al*, albumen; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*, mère de la tétrade seconde; *l* ou *ce*, cellule-fille supérieure de *cc* ou partie cotylée *s. lato*; *l'* ou *cf.*, cellule-fille inférieure de *cc* ou partie supérieure de l'hypocotyle; *m*, cellule-fille supérieure de *cd* ou partie inférieure de l'hypocotyle; *ci*, cellule-fille inférieure de *cd*, mère de *n* et *n'*; *n*, partie centrale de la coiffe; *n'* et dérivés, éléments du suspenseur; *iec*, initiale de l'écorce de la racine; *le*, tissu épyphisaire. G = 320.

différences secondaires, exceptionnelles; les caractères embryogéniques des 4 plantes sont essentiellement les mêmes. Entre les Amminées et les Caucalinées, les particularités différentielles purement ornementales du fruit n'ont certainement pas, du point de vue d'une classification naturelle, phylogénétique, l'importance qu'on leur attribue.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Rotativités des homologues supérieurs de l'éthylène.* Note de MM. **René de Mallemann, François Suhner** et **Jean Grange.**

La rotativité magnétique de l'éthylène gazeux avait été mesurée au cours des premières recherches entreprises par l'un de nous en collaboration avec

P. Gabiano et reprises dans la suite ([1]); le résultat se trouve en très bon accord avec le nombre obtenu tout récemment par L. R. Ingersoll à l'aide de son procédé d'inscription photoélectrique.

Les cinq carbures suivants : propène, butène 1, butadiène 1-3, pentène 1, isoprène (2 méthyl, 1-3 butadiène), ont été observés en phase *gazeuse* et en phase *liquide* à diverses températures.

Comme précédemment, les rotations et les densités furent mesurées chaque fois dans des conditions thermodynamiques respectivement identiques; les indices gazeux et les réfractivités correspondantes ont été déterminés sous des pressions relativement faibles, à la température ordinaire.

Les résultats relatifs aux phases *gazeuses* sont rassemblés ci-dessous ([2]). Tous les nombres explicités se rapportent à la radiation $\lambda = 578$ mμ. (On a conservé les notations utilisées dans les communications antérieures.)

Propène.

p mm.	t °C.	$d_p^t 10^3$ g/cm³.	2ρ degré.	A_p^t μ. min.	A_{760}^0 μ. min.	$[A]_M$ μ. rad.
766	16,8	1,881	0,91	39,7	$41,9^5$	258
818,5	25	1,886	0,94	$40,9^5$	$41,6^5$	266
1479	9,5	3,675	1,85	80,6	43,0	268^5
2482	16,5	6,174	3,10	135,1	44,0	268
3546	16,6	9,089	4,56	199	45,3	268

Butène 1.

p mm.	t °C.	$d_p^t 10^3$ g/cm³.	2ρ degré.	A_p^t μ. min.	A_{760}^0 μ. min.	$[A]_M$ μ. rad.
754	20	2,409	1,15	50,1	54,4	340
855	7,1	2,891	1,38	60,4	$55,2^5$	340
908,1	15,9	2,978	1,42	61,9	55,0	339
1226,5	6,9	4,239	2,02	88,3	56,2	340
1374	20	4,566	2,17	94,8	$56,4^5$	339

Butadiène 1-3.

p mm.	t °C.	$d_p^t 10^3$ g/cm³.	2ρ degré.	A_p^t μ. min.	A_{760}^0 μ. min.	$[A]_M$ μ. rad.
762,7	20,5	2,344	1,60	69,7	71,9	468
1332,8	20,7	4,303	2,89	126	74,9	461
1403,3	20,6	4,479	3,03	132	74,5	464

Pentène 1.

p mm.	t °C.	$d_p^t 10^3$ g/cm³.	2ρ degré.	A_p^t μ. min.	A_{760}^0 μ. min.	$[A]_M$ μ. rad.
1069,8	51,5	4,165	1,58	76,9	65,2	377
1182,7	54	4,578	1,94	$84,5^5$	65,3	377
1183,4	53,8	4,583	1,95	85,2	65,7	379
1185	53,6	4,592	1,95	85,2	65,6	378^5

([1]) *Ann. de Phys.*, 10e série, 20, 1933, p. 68, 130; *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2067.

([2]) Pour les détails techniques, nous devons renvoyer au travail de J. Grange : *Diplôme d'Études Supérieures*, Nancy, 1953.

Isoprène.

1044,7	52	3,86	2,18	95,0	82,5	487
1047,7	53,2	3,86	2,18	95,0	82,6	487
1073,1	56,6	3,91	$2,22^5$	97,0	83,1	491
1080,4	55,4	3,95	$2,23^5$	97,4	82,7	488

On voit que la constante de Verdet réduite Λ_0^{760} augmente avec la pression. Par contre, la rotativité $[\Lambda]_M$ (calculée à partir de la densité expérimentale *homologue*) varie nettement moins : au surplus, le sens des écarts n'est pas systématique et leur ordre de grandeur ne dépasse guère celui de la précision des mesures.

	Dispersions rotatoires		Indices de réfraction	Réfractivités
	$\frac{546}{578}$	$\frac{436}{578}$.	n_0^{760} (jaune).	$[R]_M$.
Propène	1,13	1,87	$1,00109^0$	46,7
Butène 1	1,13	1,87	$1,00139^5$	60,1
Butadiène 1-3	$1,13^5$	–	1,0014	60,3
Pentène	1,13	1,88	–	–
Isoprène	$1,13^5$	1,93	–	–

Avec le butadiène, les franges d'interférences étaient peu nettes et difficiles à pointer par suite d'une très forte diffusion.

M. **Roger Heim** s'exprime en ces termes :

Le *VIII*e *Congrès International de Botanique* vient de s'achever à Nice, après avoir réuni à Paris, du 2 au 13 juillet 1954, plus de 2 500 participants dont les activités se sont adressées respectivement à 27 sections différentes. Près d'une centaine de colloques, relatifs à toutes les branches de la science végétale, ont apporté la matière essentielle aux discussions dans une manifestation qui groupait les représentants d'une soixantaine de pays. D'importantes délégations des États-Unis, de Grande-Bretagne, d'Allemagne, des Nations scandinaves, du Canada, de l'U.R.S.S., d'Italie, de Hongrie, de Suisse, du Japon, des Pays-Bas, de Belgique, de l'Inde, de Cuba, etc., ont participé à ces débats au cours desquels environ 1500 communications ont été présentées.

Je ne parlerai point ici des travaux et des discussions dont l'intérêt a été le plus essentiel pour l'avancement des sciences. Je voudrais aujourd'hui traduire simplement, en tant que Président de ce Congrès, et aussi au nom de mes confrères de la section de Botanique de notre Académie, l'impression réconfortante où nous laisse le souvenir du dérou-

lement de cette réunion mondiale. Une grande confiance entre les diverses délégations est apparue, selon une certitude et une signification qu'il importe de souligner. Certaines des résolutions générales adoptées prouvent bien la réalité et la valeur de tels accords : maintien de l'anglais et du français comme langues officielles pour l'organisation de semblables manifestations internationales, mais possibilité pour chacun de s'exprimer dans la langue de son choix, l'allemand, le russe, l'espagnol et l'italien conservant le privilège de la préférence à ce propos, constitution d'une commission internationale de palynologie — branche qui suscite un intérêt croissant —, d'un comité international relatif à l'organisation des jardins botaniques, édification d'un dictionnaire international de terminologie botanique, renforcement de l'autonomie de la section de Botanique de l'Union Internationale des Sciences biologiques en prévision d'une plus grande indépendance au sein d'une Fédération des Unions ou des Associations internationales relevant de la Biologie, vœux relatifs à la protection des sols et de la flore vis-à-vis des ouvrages hydroélectriques et, dans les régions tropicales, des méthodes culturales qui devraient être mieux adaptées aux conditions du milieu, désir que l'UNESCO apporte un concours plus efficace à la résolution des problèmes posés par la défense des richesses et des ressources naturelles, désignation d'une Commission internationale, à laquelle participent à la fois nos collègues russes et américains, dont le rôle sera d'examiner les conditions dans lesquelles serait reconduite la publication d'un bulletin analytique mondial des travaux de Botanique, pure et appliquée, plus particulièrement ouvert aux publications en langues slaves, etc. Je crois pouvoir insister spécialement sur la portée de ce dernier arrangement qui n'a soulevé aucune objection. Puis-je signaler encore la constitution d'uu Comité international pour l'examen des questions relatives à la protection des matériels et des matériaux vis-à-vis des agents destructeurs.

J'ajoute enfin qu'un grand nombre d'excursions botaniques ont été préparées par divers naturalistes de Paris, de province et de nos territoires d'Outre-Mer, et qu'elles ont permis à de nombreux congressistes étrangers de parcourir notre pays, du Nord au Sud, et de l'Est à l'Ouest, de même que la Corse, l'Algérie, le Maroc, enfin le Sénégal, la Guinée française et la Côte d'Ivoire où elles ne s'achèveront d'ailleurs que dans deux ou trois semaines.

Montréal a été choisi pour centre du *IXe Congrès International de Botanique*, qui se tiendra au Canada, dans cinq ans.

M. **Paul Bloch-Dassault** fait hommage à l'Académie du discours prononcé lors de la Commémoration à l'École polytechnique du centenaire de la naissance d'*Henri Poincaré*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimés de la Correspondance :

Ricardo Archila. — *Luis Daniel Beauperthuy. Revision de una vida.*

L'activité du service de la recherche agronomique et de l'expérimentation agricole au Maroc en 1953, par Georges Grillot.

Guy Perrin de Brichambaut. *Quelques nouvelles observations sur les plantes fourragères.*

Que faut-il penser du genre sétaria P. B. (= Chaetochloa Scrib), *au point de vue fourrager ?* Travail du Centre de recherches agronomiques de Rabat.

Les relations d'équivalence et leurs principales applications, par Paul Dubreil.

Les cartes géographiques et leur histoire, par Paul Rossier.

Centre national de la recherche scientifique. *Le laboratoire souterrain de Moulis.*

Union internationale de physique pure et appliquée. *Assemblée générale de* 1954. *Principales décisions,* par Pierre Fleury.

Académie des sciences de l'U. R. S. S., B. V. Koukarkin, P. P. Parenago, Y. I. Efremof, P. I. Kolopov. *Chestoc dopolnenic* K *pervomore izdaniou obchego Katalogova peremennyk zvezd.*

ANALYSE COMBINATOIRE. — *Remarques sur la méthode des polygones.* Note (*) de M. **René Gouarné**, présentée par M. Joseph Pérès.

Procédé de calcul des déterminants en vue d'une formulation pratique du polynome caractéristique. Cette présentation retrouve les résultats de la méthode des polygones ([1]) qu'elle rattache à la théorie classique des déterminants et montre, dans son application, l'intérêt de l'usage des tableaux de partition. Expression du polynome caractéristique d'une matrice en fonction des traces de ses puissances.

Soit : A une matrice carrée d'ordre n, A_{ik} un élément quelconque de A, $\mathcal{A}$ la matrice $A - \lambda I$ avec λ paramètre séculaire et I matrice unité d'ordre n, $K = |A - \lambda I|$ le polynome caractéristique de A.

Nous établissons une correspondance ([2]) entre les termes $\pm \mathcal{A}_{1a}\mathcal{A}_{2b}\ldots\mathcal{A}_{nl}$ du déterminant de $\mathcal{A}$ et les permutations du groupe symétrique S_n par l'écriture

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) Samuel, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1236.

([2]) Gouarné, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 237.

suivante : $\pm \mathcal{A}_{1a}\mathcal{A}_{2b}\ldots\mathcal{A}_{nl} = \rho(P)\,\mathcal{A}(P)$, où P est la permutation qui transforme la suite 1, 2, ..., n en la suite $a, \ldots, l$; $\rho(P)$ vaut $+1$ ou -1 suivant la parité de P.

Soit $P = C_1 C_2 \ldots C_p$ l'écriture cyclique de P, on a

$$\rho(P)\,\mathcal{A}(P) = \rho(C_1)\,\mathcal{A}(C_1)\ldots\rho(C_p)\,\mathcal{A}(C_p),$$

où $\mathcal{A}(C)$ est dit terme cyclique associé à C et désigne le produit d'éléments associé par γ à C.

Soit $\mathcal{A}^{a,b,\ldots,l;\alpha,\beta,\ldots,\lambda}$ la matrice construite sur les éléments de $\mathcal{A}$ communs aux lignes de rang $a, b, \ldots, l$ et aux colonnes de rang $\alpha, \beta, \ldots, \lambda$, étant entendu que dans une même suite $a, \ldots, l$ ou $\alpha, \ldots, \lambda$ l'ordre est indifférent et les indices distincts, au moins égaux à 1 et au plus à n; si les deux suites considérées sont identiques, à l'ordre près, la matrice ainsi définie est dite mineure diagonale relative à la suite en question.

A une matrice mineure diagonale d'ordre p, la correspondance γ associe le groupe symétrique S_p et, inversement, à ce sous-groupe ne peuvent correspondre que des mineures diagonales.

Ceci exprime que tout terme du déterminant d'une telle matrice est cyclique ou le produit de termes cycliques d'ordre inférieur à celui de la matrice.

Par ailleurs, le polynome caractéristique de A s'écrit :

$$(1)\quad \begin{cases} K = (-\lambda)^n + (\Sigma_i A^{ii})(-\lambda)^{n-1} + \ldots + (-\lambda)^{n-p}(\Sigma_{a,b,\ldots,l} A^{a,\ldots,l;a,\ldots,l}) + \ldots, \\ \qquad\qquad \text{avec} \quad a < b < \ldots < l. \end{cases}$$

Autrement dit, les coefficients, somme de termes diagonaux, n'introduisent que des termes cycliques. On trouve ici le fondement de la méthode des polygones [1] dès qu'on adopte, pour la notation cyclique, non plus des parenthèses mais une écriture polygonale; le signe associé à chaque terme cyclique résulte de la règle qui lie la parité d'un cycle au nombre des indices qu'il contient.

Si l'on considère la classe Q des permutations de S_n dont l'écriture cyclique comporte un cycle d'ordre α, un cycle d'ordre β, ..., un cycle d'ordre λ, nous appelons $[\alpha, \beta, \ldots]$, la somme des termes distincts de $\mathcal{A}$ associés aux permutations de cette classe ; on a alors

$$(2)\quad K = (-\lambda)^n + (-\lambda)^{n-1}[1] + (-\lambda)^{n-2}([1,1]+[2]) + (-\lambda)^{n-p}(\Sigma_p[Q_p]) + \ldots,$$

où les Q_p caractérisent les diverses classes de S_p et sont directement liés aux partitions de l'entier p.

Si A est symétrique, les termes associés à un cycle et à sont inverse sont égaux et l'on peut opérer les groupements par paire qui réduisent la formule précédente à la formule de Samuel [1]. L'intérêt pratique de la méthode des cycles de permutation apparaît déjà en [1]; la présentation actuelle rattache le procédé à la théorie classique des déterminants : ceci est de nature à en

simplifier l'usage par l'emploi systématique des tableaux des partitions des entiers.

Application. — En (1) la sommation s'étend, pour le coefficient de λ^{n-p}, à toutes les combinaisons croissantes de p nombres extraits de la suite des n premiers entiers; si l'on supprime le caractère monotone de ces combinaisons en les remplaçant par les arrangements correspondants, le formalisme est conservé pourvu qu'on divise par p!

Enfin, si l'on ne considère plus les indices sommatoires comme nécessairement distincts, l'expression reste inchangée car les termes supplémentaires disparaissent.

Ainsi le coefficient de $(-\lambda)^{n-p}$ dans le polynome caractéristique s'écrit

$$\frac{1}{p!}\Sigma_{a,\ldots,l}A^{a,\ldots,l;a,\ldots,l},$$

où $a, \ldots, l$ sont quelconques dans la suite $1, \ldots, n$.

On remarque que dans la sommation les termes de $A^{a,\ldots,l;a,\ldots,l}$ relatif aux permutations d'une classe caractérisée par la suite $Q_p(\alpha, \beta, \lambda)$ donnent le même résultat : $\mathrm{tr}(A^\alpha)\,\mathrm{tr}(A^\beta)\ldots\mathrm{tr}(A^\lambda)$ où le symbole tr( ) désigne une trace.

Soit Q la classe des permutations dont l'écriture cyclique contient c_1 cycles unaires, c_2 cycles binaires, ..., c_p cycles p^{aires} et n_Q le nombre de permutations de Q.

D'où, pour le coefficient de $(-\lambda)^{n-p}$, l'expression

$$\frac{1}{p!}\Sigma_Q\rho(Q)\,n_Q\,\mathrm{tr}(A^\alpha)\,\mathrm{tr}(A^\beta)\ldots\mathrm{tr}(A^\lambda),$$

où la sommation s'étend à toutes les classes Q de S_p.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la représentation d'Einstein du champ unitaire.*

Note de M. **Jean Hély**, présentée par M. Joseph Pérès.

On détermine le tenseur fondamental et le tenseur d'impulsion-énergie de la théorie d'Einstein.

La représentation d'Einstein du champ unitaire repose sur les équations de connexion

$$(\mathrm{I})\qquad g^{\underset{+}{i}\underset{-}{k}}_{;l}=0 \qquad \text{et} \qquad (\sqrt{-g}\,g^{\underset{\vee}{ik}})_{,k}=0$$

et les équations de champ

$$(\mathrm{II})\qquad R_{\underline{ik}}=0, \qquad R_{\underset{\vee}{ik},l}+R_{\underset{\vee}{kl},i}+R_{\underset{\vee}{li},k}=0.$$

Ces équations sont compatibles en vertu des identités

$$[\sqrt{-g}(g^{ik}R_{il}+g^{ki}R_{li})]_{,k}\equiv\sqrt{-g}\,g^{ik}R_{ik,l},$$

qui résultent de (1) et peuvent s'écrire

$$\left(2\sqrt{-g}\,g^{\underline{ik}}\,R_{\underline{il}}\right)_{,k}-\sqrt{-g}\,g^{\underline{ik}}\,R_{\underline{ik},l}\equiv\sqrt{-g}\,g^{\overset{ik}{\vee}}\left(R_{\underset{\vee}{ik},l}+R_{\underset{\vee}{kl},i}+R_{\underset{\vee}{li},k}\right).$$

Introduisons un tenseur symétrique f^{ik} tel que $\sqrt{-f}\,f^{ik}=\sqrt{-g}\,g^{\underline{ik}}$ (f désignant le déterminant des f_{ik} tels que $f^{ik}f_{il}=\delta_l^k$) et remarquons que si

$$N_l^k\equiv f^{ik}N_{il},\qquad N_{il}\equiv\underset{0}{R}_{il}-R_{\underline{il}},\qquad M_l^k\equiv N_l^k-\frac{1}{2}\,\delta_l^k\,N_s^s,$$

($\underset{0}{R}_{ik}$ désignant enfin le tenseur de Ricci construit avec les coefficients $\underset{0}{\Gamma}{}^i_{kl}$ de la connection riemannienne de f_{ik})

$$(M_l^k)_{\underset{0}{;}k}\equiv\left(f^{ik}\underset{0}{R}_{il}-\frac{1}{2}\delta_l^k f^{is}\underset{0}{R}_{is}\right)_{\underset{0}{;}k}-\left(f^{ik}R_{\underline{il}}\right)_{\underset{0}{;}k}+\frac{1}{2}\left(f^{ik}R_{\underline{ik}}\right)_{\underset{0}{;}l},$$

avec

$$\left(f^{ik}\underset{0}{R}_{il}-\frac{1}{2}\delta_l^k f^{is}\underset{0}{R}_{is}\right)_{\underset{0}{;}k}\equiv 0$$

et

$$\left(f^{ik}R_{\underline{il}}\right)_{\underset{0}{;}k}-\frac{1}{2}\left(f^{ik}R_{\underline{ik}}\right)_{\underset{0}{;}l}\equiv\left(f^{ik}R_{\underline{il}}\right)_{\underset{0}{;}k}-\frac{1}{2}f^{ik}R_{\underline{ik}\underset{0}{;}l}\equiv\frac{1}{\sqrt{-f}}\left(\sqrt{-f}\,f^{ik}R_{\underline{il}}\right)_{,k}-\frac{1}{2}f^{ik}R_{\underline{ik},l},$$

si $\underset{0}{;}k$ (ou $\underset{0}{;}l$) désigne une dérivée covariante à l'aide des $\underset{0}{\Gamma}{}^i_{kl}$, tels que $f^{ik}_{\underset{0}{;}l}\equiv 0$ et que $\underset{0}{\Gamma}{}^l_{kl}=(\sqrt{-f})_{,k}/\sqrt{-f}$.

Il vient alors (en vertu de I et indépendamment de II)

$$(M_l^k)_{\underset{0}{;}k}\equiv\frac{-1}{\sqrt{-f}}\left(\sqrt{-f}\,f^{ik}R_{\underline{il}}\right)_{,k}+\frac{1}{2}f^{ik}R_{\underline{ik},l}$$

$$\equiv\frac{-1}{\sqrt{-f}}\left(\sqrt{-g}\,g^{\underline{ik}}R_{\underline{il}}\right)_{,k}+\frac{1}{2}\sqrt{\frac{g}{f}}\,g^{\underline{ik}}R_{\underline{ik},l}\equiv-\frac{1}{2}\sqrt{\frac{g}{f}}\,g^{\overset{ik}{\vee}}\left(R_{\underset{\vee}{ik},l}+R_{\underset{\vee}{kl},i}+R_{\underset{\vee}{li},k}\right)$$

puisque $\sqrt{-f}\,f^{ik}\equiv\sqrt{-g}\,g^{\underline{ik}}$ (g désigne le déterminant des g_{ik} tels que $g^{ik}g_{il}=\delta_l^k$).

Si donc nous considérons le tenseur f_{ik} comme le tenseur fondamental du continuum représentatif du champ unitaire einsteinien et les tenseurs $\sqrt{g/f}\,g^{\overset{ik}{\vee}}$ et $R_{\underset{\vee}{ik}}$ comme respectivement proportionnels aux duals des champs électromagnétiques $(\overline{E},\,\overline{B})$ et $(\overline{D},\,\overline{H})$, tels que $\overline{E}\neq\overline{D}$ et $\overline{B}\neq\overline{H}$ comme en théorie de Born, il appert que la seconde des équations (I), qu'on peut écrire

$$\left[\sqrt{-f}\left(\sqrt{\frac{g}{f}}\,g^{\overset{ik}{\vee}}\right)\right]_{,k}=0,$$

et la seconde des équations (II) ne sont autres que les équations de Maxwell du vide et que le tenseur M_l^k est proportionnel au tenseur d'impulsion-énergie

du champ électromagnétique complexe introduit. Il en résulte que la première des équations (II), qu'on peut écrire

$$\underset{0}{R}_{ik} = \underset{0}{R}_{ik} - \underline{R}_{ik} \equiv N_{ik},$$

exprime que le tenseur de Ricci ordinaire $\underset{0}{R}_{ik}$ est bien tel que $\underset{0}{R}_{l}^{k} - 1/2\, \delta_{l}^{k} \underset{0}{R}_{s}^{s}$ soit proportionnel, comme il se doit [1], au tenseur d'impulsion-énergie précité.

Nous en concluons que le tenseur fondamental du champ unitaire einsteinien doit être choisi tel que $\sqrt{-f} f^{ik} = \sqrt{-g} g^{\underline{ik}}$, et non pas tel que $f^{ik} = g^{\underline{ik}}$ (Lichnerowicz) ou que $f_{ik} = g_{\underline{ik}}$ (Einstein).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Quelques aspects de l'écoulement dans une trompe à liquides.* Note de M. **Roger Curtet**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons observé l'allure générale des trajectoires et lignes de courant dans le mélangeur d'une trompe à liquides, en écoulement plan, pour différentes valeurs des rapports de débits et de dimensions au confluent des deux veines. L'appareil utilisé a été décrit dans une Note précédente, dont nous reprenons les notations [1].

Nous nous sommes tout d'abord donné un rapport D_M/D_1 des dimensions à l'entrée et une longueur relative L_M/D_M (égale à 4) de la chambre. Nous avons fixé un débit q_1, fait varier le débit total q et observé l'évolution des lignes de courant en fonction du rapport q/q_1. Puis nous avons fixé un autre débit q_1 et effectué des essais analogues. Nous nous sommes ensuite donné d'autres rapports D_M/D_1 et nous avons également observé l'allure générale des filets fluides dans le mélangeur en fonction de q/q_1.

Pour chacun des rapports D_M/D_1 considérés (5, 10, 20, 40) nous avons retrouvé, suivant les valeurs de q/q_1, une évolution analogue du champ des lignes de courant :

1° Pour de faibles valeurs de q/q_1, le jet est animé, dès la sortie de la buse inductrice, d'un mouvement périodique. Deux zones tourbillonnaires, dont la position et l'étendue varient elles-mêmes de façon périodique, apparaissent dans le mélangeur. La période du mouvement est liée aux rapports q/q_1 et D_M/D_1. Elle croît en même temps que q/q_1 pour une valeur donnée de D_M/D_1 et devient pratiquement infinie pour un certain rapport q_i/q_1. Les différentes valeurs expérimentales de q_i/q_1 ont été portées sur la figure 1 en fonction de D_M/D_1 ; la courbe passant par ces points définit une frontière du domaine d'existence d'un jet nettement oscillant.

2° Pour des valeurs de q/q_1 supérieures à q_i/q_1, les deux zones tourbillon-

---

(1) Le coefficient de proportionnalité étant obligatoirement égal à $8\pi K/c^4$, où K désigne la constante de Newton.

(1) *Cf.* R. Curtet, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1134.

naires Z_1 et Z_2 subsistent, mais sont stationnaires (*fig.* 2). Sur chacune des parois de la chambre existent deux points de vitesse nulle et leur position dépend de q/q_1 et de D_M/D_1 : pour une valeur donnée de D_M/D_1, les points de vitesse nulle s'éloignent vers l'aval lorsque q/q_1 croît. L'expérience montre de plus que les deux zones tourbillonnaires sont d'étendue inégale : l'écoulement est donc dissymétrique et ne devient symétrique que lorsque les zones tourbillonnaires disparaissent, soit lorsque $q/q_1 = q_c/q_1$. La courbe expérimen-

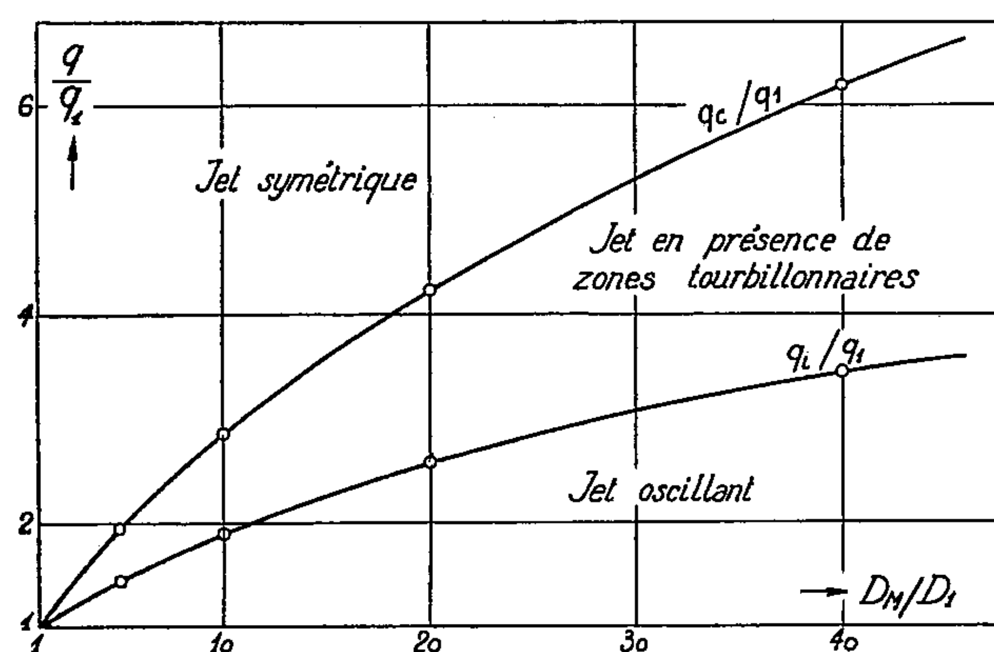


Fig. 1.

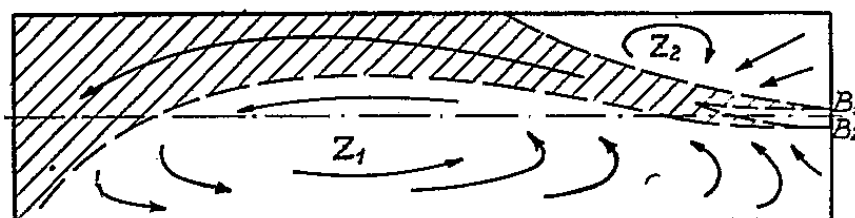


Fig. 2.

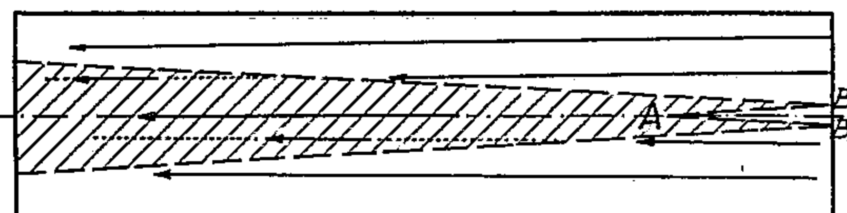


Fig. 3.

tale $q_c/q_1 = f(D_M/D_1)$, tracée sur la figure 1, définit une frontière du domaine d'existence de l'écoulement dissymétrique.

3° Pour les valeurs élevées de q/q_1, le champ des lignes de courant est symétrique par rapport à l'axe de l'appareil et l'écoulement est permanent à l'extérieur du jet (ou zone de mélange : *fig.* 3).

Il peut donc apparaître, dans le mélangeur d'une trompe à liquides, en écoulement plan, suivant le rapport des débits d'entrée q/q_1, trois aspects caractéristiques de l'écoulement.

L'examen des deux courbes de la figure 1 montre par ailleurs qu'il existe entre q_c et q_i une relation empirique simple, indépendante de D_M/D_1 : $(q_c - q_1)/(q_i - q_1) = 2,12$.

HYDRAULIQUE. — *Sur les changements de régime dans les canalisations. Enregistrement continu des caractéristiques.* Note (*) de MM. Louis A. Sackmann et Émile Pérès, présentée par M. Joseph Pérès.

A. *But et origine des travaux.* — Nous nous occupons de l'étude du régime transitoire dans une canalisation en essayant de définir au mieux l'évolution dans le temps des caractéristiques de l'écoulement au cours du phénomène de la transition. L'un de nous dans une Note précédente ([1]) a montré, grâce à l'étude cinématographique, que les alternances des régimes laminaire et turbulent ne sont pas instantanées mais finies. Ces résultats réclament cependant une étude plus fine permettant d'obtenir la courbe $U_* = f(t)$.

B. *Principe expérimental.* — Comme lors de travaux antérieurs de l'un de nous, publiés dans une série de Notes ([2]), la mesure de la vitesse instantanée d'écoulement U_* est ramenée à la détermination de la portée horizontale du jet libre parabolique s'échappant de la canalisation d'étude.

C. *Dispositif d'enregistrement.* — Un dispositif permet d'enregistrer sur un film se déroulant d'une manière continue, et à vitesse constante, les variations de portée du jet. Ledit dispositif expérimental basé sur une méthode purement optique offre l'avantage d'être *totalement extérieur* au phénomène observé, ne créant ainsi aucune source de perturbation des caractéristiques de l'écoulement comme pourraient le faire prises de pression ou pitots d'exploration. La *continuité* de l'observation dans le temps à vitesse constante, mais réglable à volonté, permet en outre d'analyser aussi finement qu'on le désire l'allure intime du phénomène de la transition.

Les variations de la portée du jet sont suivies au travers d'une fente horizontale fixe qui découpe dans ce dernier une tranche de faible épaisseur. Dans les régimes extrêmes, laminaire pur et turbulent pur, on obtient ainsi un trait parallèle à l'axe des temps en raison de la stabilité du jet dans ces domaines. Sur le même film est enregistré le temps au moyen des oscillations d'un pendule situé en arrière du plan de la fente d'observation, les oscillations du fil de suspension du pendule se traduisant sur le film par une sinusoïde. Deux petits trous de distance connue, ménagés dans le plan de la fente optique parallèlement à cette dernière et dans son voisinage immédiat, donnent l'échelle des longueurs dans le sens de la portée du jet; aux trous ainsi ménagés correspondent sur le film des traits parallèles à l'axe des temps.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) L.-A. Sackmann, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 220.

([2]) L.-A. Sackmann, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 328 et précédentes.

D. *Résultats obtenus.* — La figure 1 montre une portion de film d'enregistrement en régime laminaire pur. Le nombre de Reynolds était dans ce cas de 459. La figure 2 montre un enregistrement en régime turbulent pur pour lequel le nombre de Reynolds était de 1 389.

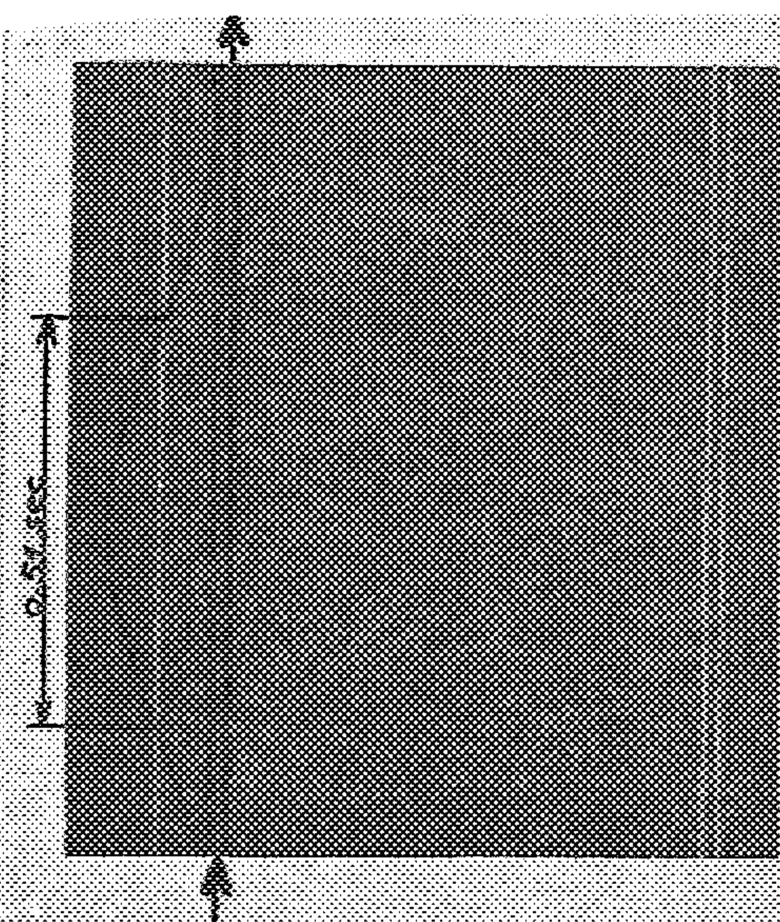


Fig. 1. – Régime laminaire pur ($\mathcal{R}$ = 459)

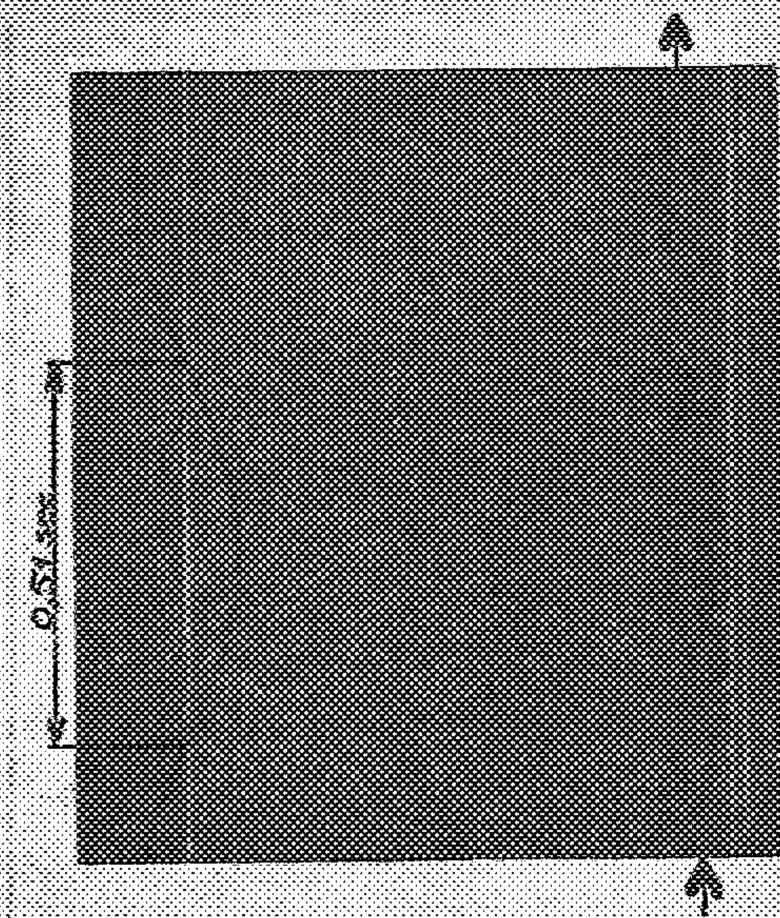


Fig. 2. – Régime turbulent pur ($\mathcal{R}$ = 1389)

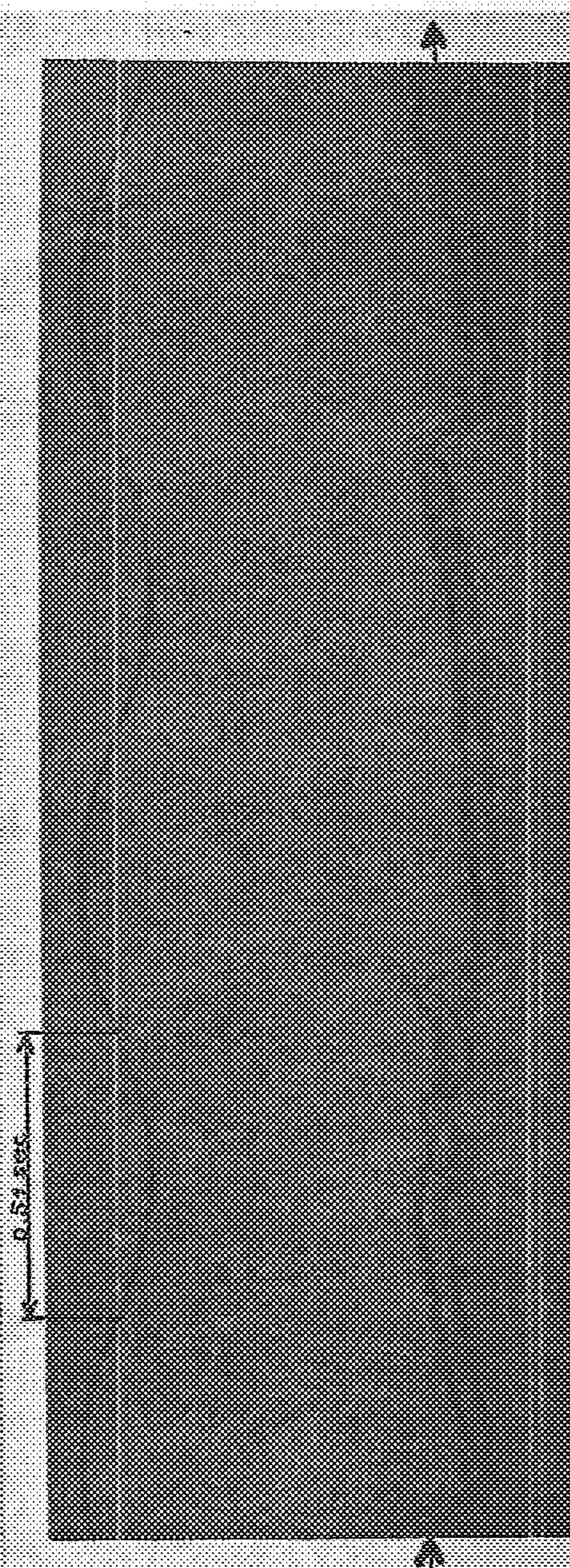


Fig. 3. – Régime transitoire ($\mathcal{R}$ = 1201)

En régime transitoire on obtient un diagramme dont l'analyse permet de confirmer l'hypothèse du dédoublement sur les droites de Poiseuille et de Blasius. La figure 3 donne ainsi un exemple d'enregistrement en régime transitoire pour lequel le nombre de Reynolds était de 1 201. Les passages réciproques des régimes laminaire et turbulent ont des durées *finies* qui sont *dissymétriques*. La durée de passage dans le sens laminaire → turbulent est relativement longue, tandis que la durée de passage turbulent → laminaire est relativement rapide. L'étude quantitative de cette dissymétrie de passage fera l'objet de prochaines publications.

HYDRAULIQUE. — *Condition de stabilité d'une cheminée d'équilibre placée à l'aval d'une galerie en charge précédée par un canal découvert de grande longueur.* Note (*) de M. **Sébastien Gerber**, transmise par M. Léopold Escande.

Détermination de la section limite assurant l'amortissement des oscillations de l'eau, à l'intérieur de la cheminée, dans le cas d'un canal de grande longueur.

Dans une Note précédente [1] nous avons établi les équations des oscillations dans la chambre, en tenant compte des ondes qui prennent naissance dans le canal à écoulement libre et pour lesquelles les équations Saint-Venant sont applicables.

En tenant compte du régime permanent initial et en négligeant les infiniments petits d'ordre supérieur à 1, nous obtenons, avec les notations habituelles :

$$\frac{\partial h'}{\partial t} + W'_0\left(\frac{\partial h'}{\partial s} + \frac{\partial w'}{\partial s}\right) = 0,$$
$$a^2 \frac{\partial h'}{\partial s} + W'_0 \frac{\partial w'}{\partial t} + W'^2_0 \frac{\partial w'}{\partial s} + 2 W'_0 \alpha w' = 0,$$

avec

$$a = \sqrt{g H''_0} \qquad \text{et} \qquad \alpha = g k W'_0.$$

La solution de ce système a été obtenue par MM. Guenod et Gardel [2] sous forme symbolique :

$$h' = A e^{-s\frac{p+\alpha}{a+W'_0}} + B e^{s\frac{p+\alpha}{a+W'_0}},$$
$$w' = \left\{\frac{A}{\beta}\right\} e^{-s\frac{p+\alpha}{a+W'_0}} - \left\{\frac{B}{\beta}\right\} e^{s\frac{p+\alpha}{a+W'_0}},$$

avec

$$p = \frac{\partial}{\partial t} \qquad \text{et} \qquad \beta = \frac{W'_0}{a}\,\frac{p+\alpha}{p},$$

A et B étant deux constantes dépendant des conditions aux limites.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) S. Gerber, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2490.

(2) *Bulletin technique de la Suisse Romande*, 5 avril 1952.

A la prise d'eau, où $s = 0$, le niveau est sensiblement constant, donc $h'_2 = 0$.

On a, en définitive, pour la surélévation h'_1 au bassin de mise en charge

$$h'_1 = (\varpi - 1)\frac{\beta}{\beta - 1}\,\frac{1 - e^{-(p+\alpha)T_c}}{1 - \dfrac{\beta + 1}{\beta - 1}e^{-(p+\alpha)T_c}},$$

où

$$T_c = \frac{S}{a - W'_0} + \frac{S}{a + W'_0},$$

S représentant la longueur du canal.

Pour un canal infiniment long, cas étudié ici, on a $T_c = \infty$ et donc

$$h'_1 = (\varpi - 1)\frac{\beta}{\beta - 1} = \left(\frac{1}{2\pi}\frac{dx}{dt'} - \frac{x}{y_0}\right)\left(1 - \frac{a}{a - W'_0}e^{\alpha\frac{W'_0}{a - W'_0}t}\right).$$

L'équation des oscillations s'écrit alors sous la forme suivante :

$$\frac{d^2x}{dt'^2} + \varphi_{(t')}\frac{dx}{dt'} + \psi_{(t')}x = 0,$$

avec

$$\varphi_{(t')} = \frac{2\pi}{y_0}\left[y_0(2p_0 - \varepsilon) - 1 + \varepsilon y_0\frac{a}{a - W'_0}e^{\lambda t'}\right],$$

$$\psi_{(t')} = \frac{4\pi^2}{y_0}\left[y_0 + \varepsilon - 2p_0 - \varepsilon\frac{a}{a - W'_0}e^{\lambda t'}\right].$$

en posant

$$\lambda = \alpha\frac{W'_0}{a - W'_0}T.$$

La stabilité des oscillations peut être déterminée par la méthode estimative de Schüller-Karas ([3]).

Le mouvement sera amorti si l'on a simultanément

$$\varphi(t') > 0 \quad \text{et} \quad \psi(t') > 0.$$

a. Canal sans pertes de charge : $\lambda = 0$. — La condition $\varphi(t') > 0$ montre que, pour avoir des oscillations amorties, la section de la cheminée d'équilibre doit être supérieure à une section limite F_{lim} déterminée par

$$\frac{F_{\text{lim}}}{F_{\text{TH}}} = \frac{1}{1 + \dfrac{H''_{0_1}}{2P_{W_0}}\dfrac{W'_0}{a - W'_0}}. \tag{1}$$

F_{TH} désignant la section de Thoma caractérisant l'installation

$$F_{\text{TH}} = \frac{W_0^2}{2g}\frac{Lf}{Y_0 P_{W_0}}.$$

([3]) Frank et Schüller, *Schwingungen in den Zuleitungs und Ableitungskanälen von Wasserkraftanlagen*, 1938.

Quant à la condition $\psi(t') > 0$, soit

$$(2) \qquad 2P_{W_0} < Y_0 - H''_{01} \frac{W'_0}{a - W'_0},$$

elle est toujours satisfaite en pratique.

b. Canal avec perte de charge. — La fonction $\varphi(t')$ croît avec le temps, le mouvement n'étant jamais torrentiel dans le canal ($a > W'_0$). Il en résulte que le mouvement sera finalement amorti, dans tous les cas, après un certain temps, durant lequel les oscillations pourraient atteindre une forte amplitude si, à l'instant initial, $\varphi(t')$ était négative et de grande valeur absolue.

Pour que le mouvement soit amorti dès le début, il suffit donc que $\varphi(t')$ soit positive pour $t' = 0$. On retrouve la condition (1).

Par ailleurs, la fonction $\psi(t')$ décroît très lentement avec t'. En pratique, la condition $\psi(t') > 0$ pour $t' = 0$ étant toujours satisfaite, la fonction $\psi(t')$ reste positive, dans tous les cas, pendant un temps plusieurs fois supérieur à la durée nécessaire pour le rétablissement du régime permanent.

HYDRAULIQUE. — *Prise d'eau à travers une grille.* Note (*) de M. **Louis Castex**, transmise par M. Léopold Escande.

Expériences sur un dispositif économique de prise d'eau par traversée d'une grille, pour la captation de faibles débits d'apport, sur le parcours d'un canal d'amenée.

Dans les aménagements hydrauliques de haute chute, le canal d'amenée capte parfois, en cours de trajet, des ruisseaux de faible débit, au moyen de prises d'eau simplifiées à l'extrême. Souvent, le dispositif est constitué par une fosse creusée transversalement, dans le lit de la rivière, et bordée, de part et d'autre, par des massifs de maçonnerie formant barrage vers l'amont et coursier vers l'aval : une grille, en pente de l'amont vers l'aval, repose sur ces massifs, afin d'éviter l'entraînement dans la prise des blocs et des pierres d'une certaine dimension.

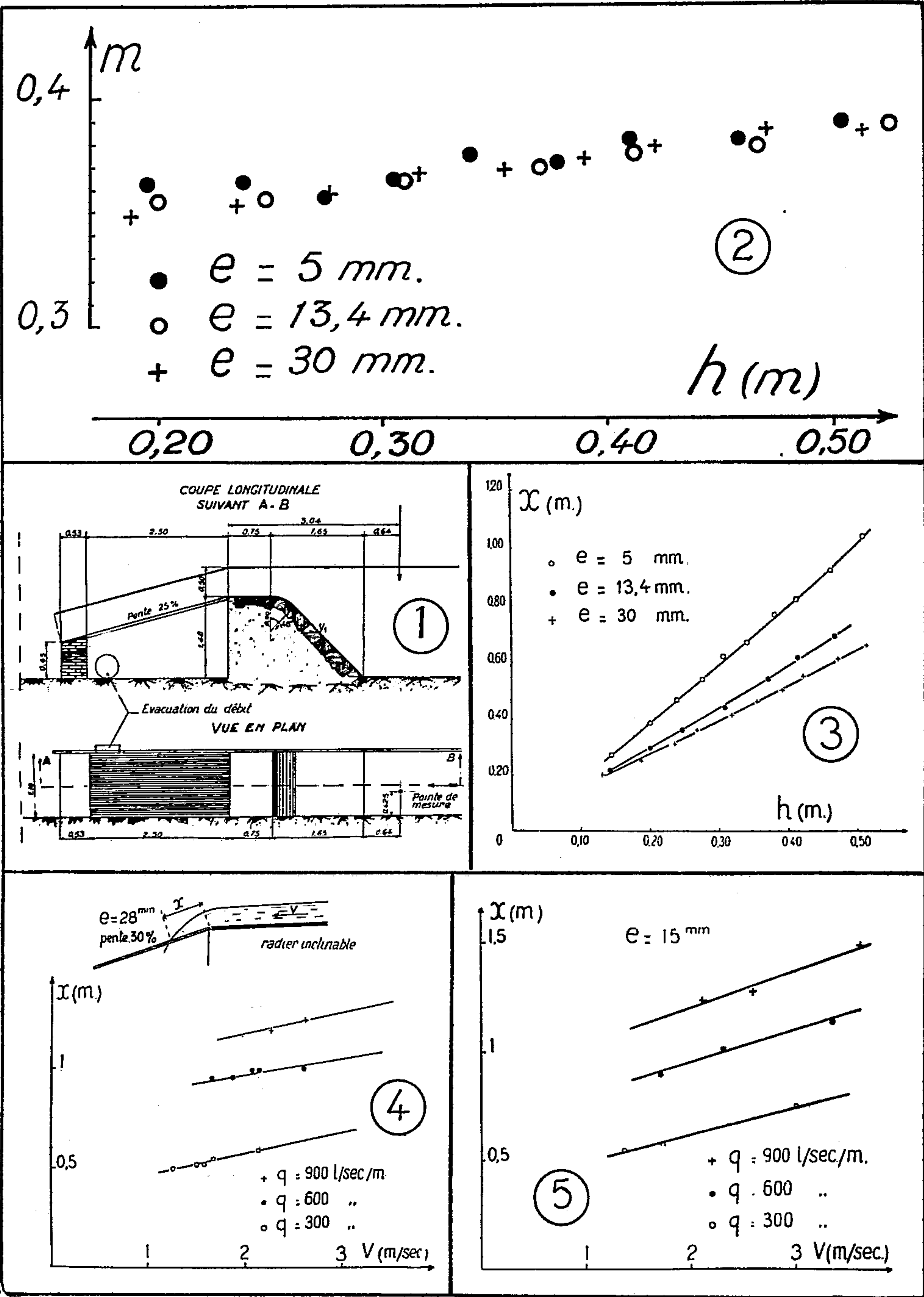
1° Dans une première série d'expériences, nous avons étudié les conditions de fonctionnement d'un tel dispositif alimenté en eau pure.

La grille, de largeur 1,10 m de longueur 2,50 m a une pente de 25 % et est constituée par des barreaux de 70 mm × 8 mm (*fig.* 1).

Avec les trois espacements e entre barreaux successivement étudiés (30 mm, 13,4 mm, 5 mm) et dans les limites de débit par mètre courant q envisagées, la partie amont de la prise d'eau fonctionne comme un déversoir à seuil épais à la suite duquel la lame déversante pénètre dans la prise en traversant la grille qui n'apporte qu'une faible perturbation à l'écoulement.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

Pour les plus forts débits étudiés (600 l/s /m), la lame déversante, après avoir glissé sur le fond de la fosse, heurte la paroi opposée et l'eau rejaillit au-dessus de la partie aval des grilles : la forme de la fosse doit donc être



étudiée en vue d'éviter de perdre ainsi, par projections aval, une partie du débit capté à l'amont.

La courbe de la figure 2 donne, en fonction de la charge amont h au-dessus du seuil, les valeurs du coefficient de débit m du déversoir complexe que représente le seuil amont suivi des grilles : m est pratiquement le même, pour les trois écartements e expérimentés, et sa valeur ne diffère pas beaucoup de celle d'un seuil déversant épais démuni de grilles. Il faudrait un écartement encore plus faible que 5 mm pour obtenir une réaction sensible de la grille sur la charge amont commandant le déversement.

Sur la figure 3 sont données, en fonction de h, les distances x séparant l'extrémité amont de la grille du point où l'extrémité de la lame déversante disparaît sous celle-ci. Cette distance x est d'autant plus grande que e est plus faible.

2° Dans une deuxième série d'expériences effectuées avec une autre grille (barreaux de section 100 mm × 20 mm), en pente de 30 %, nous avons tenu compte de l'engravement qui, en pratique, comblera le lit du ruisseau jusqu'au niveau du seuil amont. A cet effet, nous avons fait précéder celui-ci d'un radier se raccordant exactement avec lui.

En faisant varier la pente de ce radier, nous avons étudié l'influence de la vitesse moyenne d'approche V sur x, pour trois débits q différents (300, 600, 900 l/s/m) avec un écartement $e = 28$ mm (*fig.* 4) et un écartement $e = 15$ mm (*fig.* 5) : la distance x augmente avec q et avec V.

D'autres observations ont été faites en précipitant dans l'eau, en amont de la prise, des branchages et des galets : les branchages se déposent à la limite aval de la portion de grille traversée par l'eau et l'obstacle ainsi formé, en empêchant l'évacuation des galets ou des branches, provoque une obstruction de la grille, qui colmate progressivement celle-ci de l'aval vers l'amont. Il est à noter que les branchages s'engagent moins facilement entre les barreaux, quand e est plus faible : en réduisant l'écartement entre barreaux, on diminue les risques de colmatage de la grille, tout en réduisant la dimension et la quantité des graviers absorbés par la prise.

ASTROPHYSIQUE. — *Origine du spectre d'absorption continu dans les étoiles carbonées de type N.* Note (*) de Mme **Renée Herman** et M. **Louis Herman**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente (1), nous avons signalé un nouveau spectre continu centré sur la bande 4315 Å (0, 0) de la transition $A^2\Delta - X^2\Pi$ de

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 664.

la molécule CH. Nous l'avons rapproché du spectre d'absorption de certaines étoiles de type N.

J. G. Phillips et L. Brewer ([2]) ont observé, dans un four de King, un spectre continu différent s'étendant de 4 500 à 3 700 Å et qui présente deux maxima, l'un à 4 300 Å et l'autre vers 4 000 Å. Cette émission a été comparée quantitativement à celle du groupe 4050 Å (C_3) émis en même temps que le fond continu.

Les auteurs en déduisent que les deux spectres sont émis par des molécules polyatomiques de carbone, telles que C_3 ou C_4. A. Mc Kellar et E. H. Richardson ([3]) ont comparé quantitativement ce spectre d'émission au spectre d'absorption d'un certain nombre d'étoiles carbonées; ils estiment que le spectre continu de Phillips et Brewer est responsable de cette absorption et que, par suite, la molécule absorbante est C_3 ou C_4.

Toutefois, M. W. Feast ([4]) vient de découvrir dans les étoiles AM *Cen* et GP *Ori* un spectre ultraviolet d'absorption, semblable à celui trouvé dans les étoiles de type N. Ce fait remet en question l'interprétation précédente. En effet, GP *Ori* est de type S et son spectre ne contient que de faibles bandes de C_2.

Il semble se dégager de ces diverses observations que l'on doive, soit admettre une origine différente pour l'absorption continue de GP *Ori* et des étoiles de type N avancé, soit rejeter l'hypothèse de C_3 ou C_4 comme molécule responsable. Cela nous a conduits à un nouvel examen de l'émission continue décrite précédemment.

Le spectre M de la figure 1 est émis par un mélange gazeux composé de Xe, CO et H_2 ([1]). Il peut être comparé à celui d'un second tube ne montrant aucune phosphorescence continue (spectre N de la figure 1). On peut voir, sur cette reproduction, que l'émission continue s'étend à partir de 4 500 Å vers les courtes longueurs d'onde jusqu'au-delà de 3 900 Å, qu'elle présente un premier maximum très accentué vers 4 300 Å et un second, peu marqué, vers 4 000 Å. Sa grande intensité au cours de la phosphorescence montre qu'elle est due à un processus de recombinaison.

Nous devons signaler à nouveau que, dans nos conditions expérimentales :

1° l'intensité relative du spectre attribué à C_3 (groupe 4050 Å) est négligeable par rapport à celle du fond continu;

2° l'intensité du spectre de C_2 (bandes de Swan) est également faible;

3° les composés diatomiques dérivés du carbone se manifestent par l'émission des bandes de CO et CH, surtout sous faible excitation.

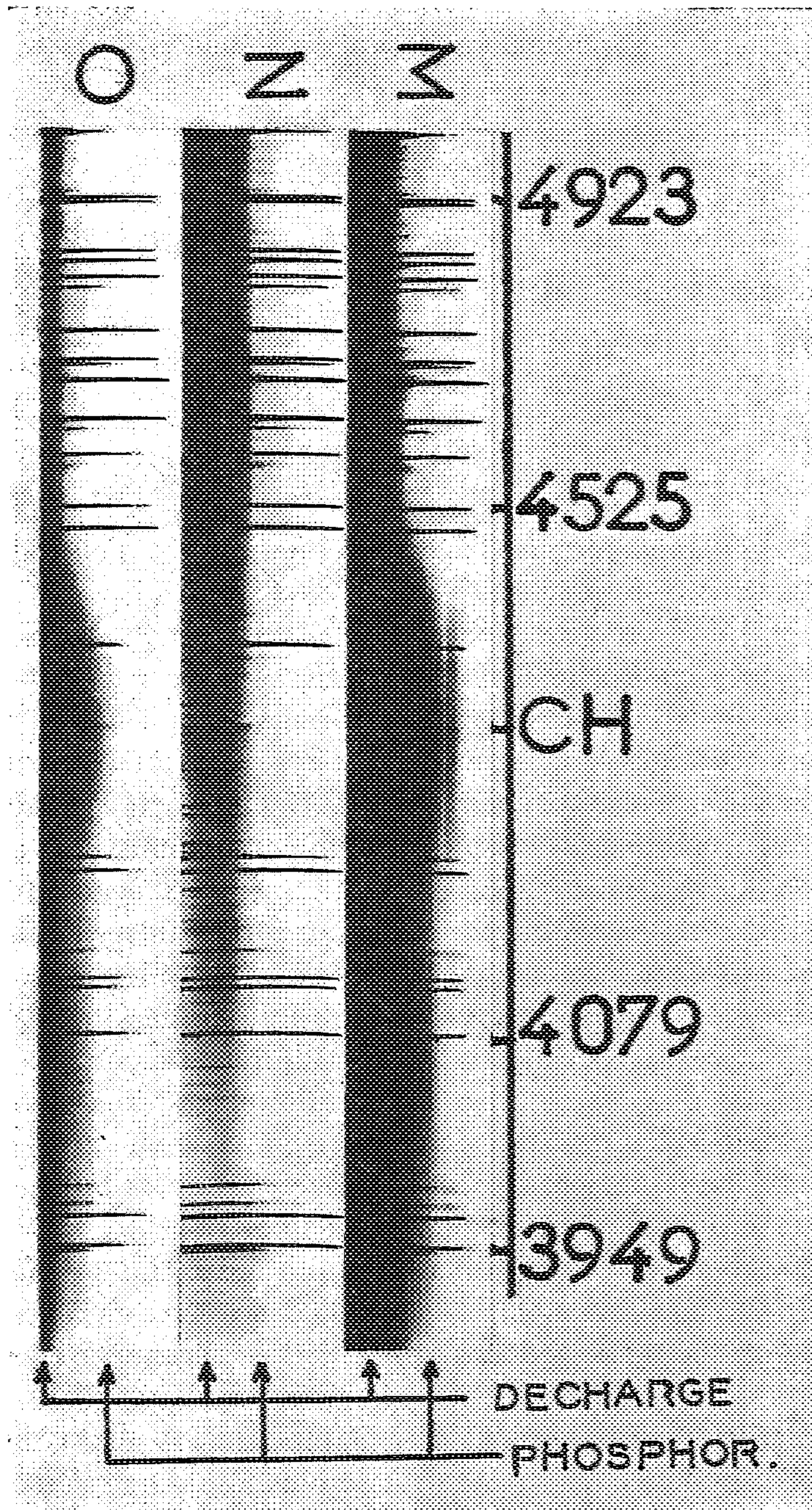
Nous avons fait des essais systématiques en vue de rechercher les conditions

---

([2]) *VIe Colloque international d'Astrophysique de Liége*, 1954.

([3]) *Ibid.*

([4]) *Ibid.*



Spectre continu d'origine inconnue.

M, spectre émis par un tube à décharge sans électrodes. Il se compose de deux parties dont l'une a été obtenue pendant la décharge et l'autre pendant la phosphorescence, comme il est indiqué sur le côté droit de la figure; O, spectre semblable à M mais obtenu avec un temps de pose plus court; N, spectre d'un tube n'émettant pas, en phosphorescence, de spectre continu dans le violet et l'ultraviolet.

expérimentales favorables à l'émission de ce spectre continu. Ces essais sont restés infructeux jusqu'à maintenant. Plusieurs tubes à décharge, préparés dans des conditions apparemment identiques, n'émettent pas tous le même fond continu.

PHOTOGRAMMÉTRIE. — *Sur l'introduction dans les calculs d'aérotriangulation de données fournies par les instruments de bord.* Note (*) de M. **Georges Masson d'Autume**, présentée par M. Georges Poivilliers.

Les données externes, fournies par les instruments de bord de l'avion photographe, permettent d'ajouter aux relations fournies par l'enchaînement des faisceaux, de nouvelles relations affectées d'un certain poids. La résolution du système global donne les éléments nécessaires au calcul d'un canevas altimétrique très approché indépendamment de toute détermination au sol.

L'opération fondamentale de l'aérotriangulation est l'enchaînement des faisceaux perspectifs, qui peut s'effectuer à l'aide d'un dispositif opticomécanique ou de façon purement analytique. Elle permet théoriquement de construire de proche en proche un modèle spatial reproduisant, à une similitude près, la position dans l'espace de tous les faisceaux perspectifs appartenant à l'enchaînement. Pratiquement l'opération ne se fait qu'avec une précision limitée. Les erreurs tant systématiques qu'accidentelles, se cumulent de telle sorte que les déformations du modèle deviennent inadmissibles; il est indispensable d'introduire des données supplémentaires externes, telles que les coordonnées d'un certain nombre de points au sol. D'autres données externes sont fournies par les instruments de bord de l'avion; elles offrent l'avantage d'être disponibles dès la prise de vues et d'être distribuées de façon parfaitement symétrique, ce qui permet de les introduire de façon simple dans les calculs, contrairement à ce qui a lieu pour les données au sol.

Soit par exemple à déterminer l'altitude du point de vue S_p d'un enchaînement en utilisant simultanément avec leurs poids respectifs les données « internes » déduites des opérations d'enchaînement et les données « externes » fournies par un altimètre quelconque. Dans le calcul de l'altitude Z_p interviendront du fait de l'enchaînement, non seulement la lecture de l'altimètre en S_p, mais aussi les lectures aux points de vue S_{p+1}, ... et S_{p-1}, S_{p-2}, ..., l'influence de ces lectures diminuant à mesure qu'on s'éloigne du point de vue S_p d'autant plus rapidement que le poids attribué aux opérations d'enchaînement est plus faible. L'erreur probable sur l'altitude compensée sera donc plus faible que l'erreur probable d'une mesure altimétrique unique et ce d'autant plus que l'enchaînement sera plus précis.

Sous forme mathématique, soit S_0, S_1, ..., S_n, S_{n+1}. Les points de vue Z_0,

(*) Séance du 17 mai 1954.

$Z_1, \ldots, Z_{n'}, Z_{n+1}$ leurs altitudes $Z'_0, Z'_1, \ldots, Z'_n, Z'_{n+1}$ les données de l'altimètre. Les opérations d'enchaînement fournissent la valeur $d\theta_p$ de la projection du petit angle formé par les deux bases d'extrémité S_p sur le plan vertical contenant la première.

En prenant la longueur moyenne des bases comme unité de longueur, on peut écrire les n relations « internes »

$$Z_{p+1} - 2Z_p + Z_{p-1} + U - d\theta_p = 0,$$

auxquelles on attribue le poids 1. L'inconnue, u, englobe l'erreur systématique commise dans la détermination de $d\theta_p$ et l'effet de la courbure de terre.

Les données de l'altimètre fournissent d'autre part les $n+2$ relations « externes » $Z_p - Z'_p = 0$ auxquelles on attribue le poids λ. Le système des $2n+2$ équations à $n+3$ inconnues est résolu par la méthode des moindres carrés. Pour n et λ donnés la pose des équations finales et leur résolution peut se faire d'avance, aux termes constants près, et le calcul est très rapide.

La détermination des inclinaisons transversales β_p se fait d'après un principe identique. Les données « internes » sont les sites relatifs $\varphi_{p,\,p+1}$ les données « externes » sont fournies par un indicateur de niveau transversal quelconque (niveau, gyroscope, pendule, etc.).

Enfin la transmission d'échelle peut être corrigée en considérant comme données externes les résultats d'une triangulation radiale appuyée sur quelques positions planimétriques.

On possède alors tous les éléments nécessaires au calcul rapide d'un canevas altimétrique très approché, avant toute détermination au sol.

ÉLECTRONIQUE. — *Réalisation d'un spectrographe électrostatique à partir d'un microscope électronique.* Note (*) de M. **Bernard Gauthé**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Les pertes d'énergie discrètes subies par les électrons lents lorsqu'ils traversent des pellicules solides très minces ont été d'abord signalées par G. Ruthemann [1] et W. Lang [2], qui utilisaient un spectrographe magnétique [3]. Par la suite G. Möllenstedt [4] a repris ces travaux en mettant à profit la sensibilité chromatique d'une lentille électrostatique

(*) Séance du 26 juillet 1954.
(1) *Ann. Physik*, (6), 2, 1948, p. 113.
(2) *Optik*, 3, 1948, p. 233.
(3) H. Voges et G. Ruthemann, *Z. Physik*, 114, 1939, p. 709.
(4) *Optik*, 5, 1949, p. 499.

employée en régime transgaussien. Les fluctuations de l'alimentation haute tension sont par ailleurs moins critiques.

Afin de poursuivre l'étude de ces phénomènes j'ai choisi la méthode de Möllenstedt et j'ai construit avec Septier un spectrographe en remplaçant dans un microscope électrostatique la lentille de projection ordinaire par une lentille cylindrique appropriée.

Cette lentille « analysatrice » spécialement calculée par A. Septier [5] a été réalisée d'après ses indications. Au-dessus de cette lentille une fente très fine délimite un faisceau électronique laminaire; son axe est orienté parallèlement à celui de la fente centrale de la lentille analysatrice. Deux tiges de commande permettent d'exécuter les réglages de l'extérieur : l'un d'eux contrôle le déplacement latéral de la fente dans un plan horizontal et l'autre son ouverture, variable de 200 à quelques microns; les dispositifs de commande et le support sont logés à l intérieur d'un boitier fixé sur celui de la lentille analysatrice. Pour obtenir la plus grande luminosité l'objectif *c* a aussi été modifié : le trou circulaire de l'électrode centrale a été remplacé par une fente parallèle à celle de la lentille analysatrice.

Par ailleurs quelques modifications dans les alimentations électriques se sont avérées nécessaires; pour éclairer la fente en lumière parallèle et réduire ainsi au maximum la largeur de l'image, il fallait faire varier dans de larges limites la tension de l'objectif et la polarisation de Wehnelt (W). J'ai donc remplacé la polarisation automatique par un potentiomètre P_1 alimenté par des piles; le potentiel de l'objectif est variable de façon continue (P_2) entre celui de la cathode F et celui de la masse. Enfin j'ai muni l'appareil d'un dispositif d'étalonnage qui permette de contrôler son pouvoir dispersif. A cet effet un circuit potentiométrique P_3 est intercalé entre la cuve haute-tension et le filament de manière à diminuer la tension d'accélération de quantités connues, tout en maintenant constant le potentiel de la lentille analysatrice. La figure 1 représente l'ensemble de l'alimentation haute-tension.

On recherche les conditions optima de fonctionnement en augmentant progressivement, pour un potentiel donné de la lentille analysatrice, le décalage latéral de la fente; l'image de celle-ci quitte d'abord le champ d'observation, puis revient en sens inverse : on se trouve alors placé dans une zone de grande sensibilité chromatique, tout en conservant une image correcte; si l'on augmente encore le décalage latéral, l'image effectue une série d'oscillations de plus en plus serrées, mais en devenant rapidement large et déformée, donc moins facilement utilisable. On peut naturellement aussi modifier le potentiel de la lentille analysatrice : en augmentant la surtension négative on obtient le retour de l'image transgaussienne pour

---

(5) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 658.

un décalage latéral de moindre amplitude et par suite une meilleure image, plus fine et moins perturbée.

Il est à remarquer qu'on améliore sensiblement la qualité des images

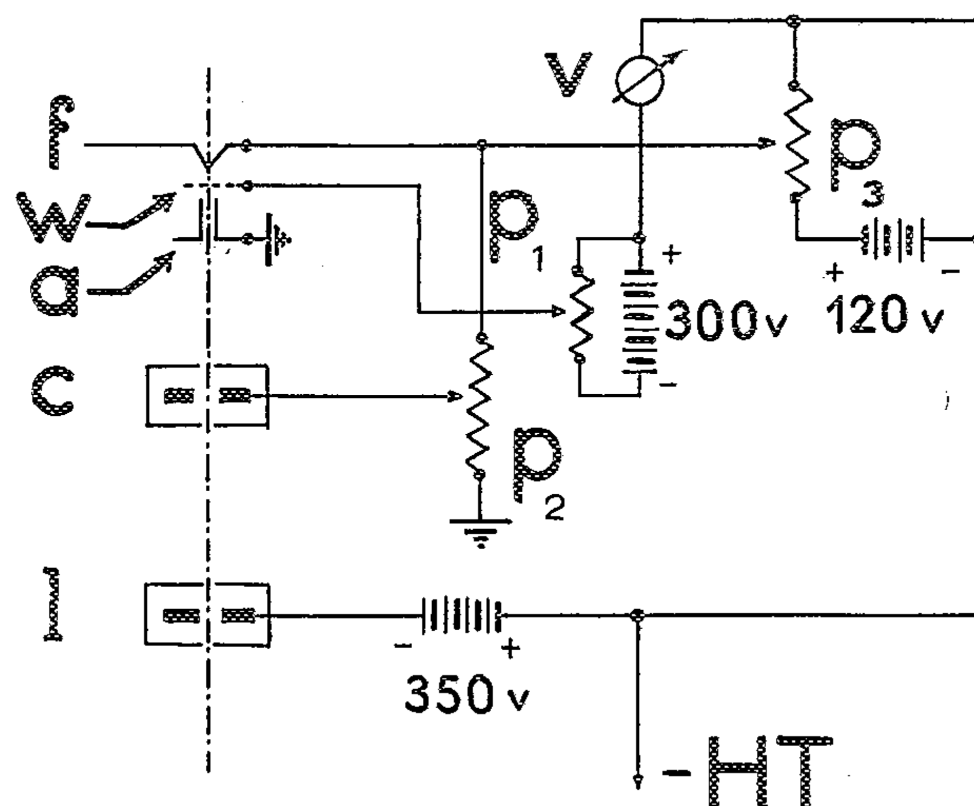


Fig 1.

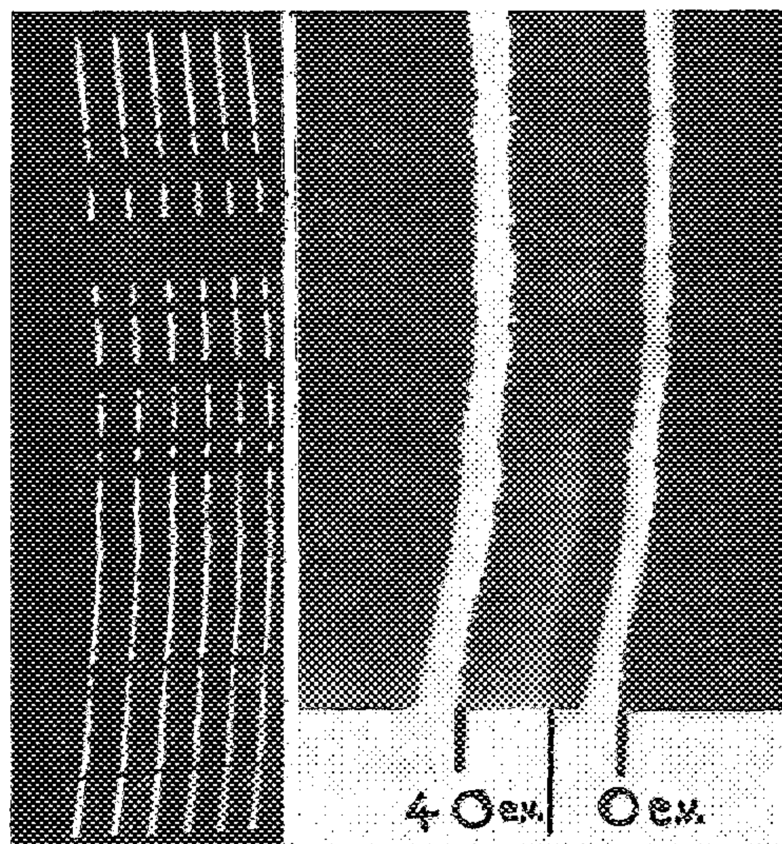


Photo 1. Photo 2.

en remplaçant les lèvres primitives de la fente, constituées d'acier inoxydable non magnétique, par des lèvres en argent, qui se contaminent moins facilement; en effet en régime transgaussien les moindres irrégularités mécaniques, électriques ou magnétiques sont très fortement amplifiées.

La photographie 1 montre l'aspect d'un cliché d'étalonnage; l'écart pour entre chacune des « raies » correspond à une différence d'énergie de 10 eV

une tension d'accélération de 18 keV. La photographie 2 a été obtenue en interposant une pellicule d'aluminium sur le trajet du faisceau électronique, à l'aide d'un porte-objet escamotable. Elle montre une bande à bord net vers les hautes énergies, et à bord flou vers les basses énergies, qui correspond à une perte de $16,5 \pm 1,5$ eV.

Une prochaine publication donnera les résultats obtenus avec différents métaux.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Étude d'une lentille électronique à fentes pour analyseur de vitesses.* Note (*) de M. ALBERT SEPTIER, présentée par M. Gaston Dupouy.

L'analyse du spectre de vitesses d'un faisceau électronique à l'aide d'une lentille électrostatique à symétrie cylindrique fonctionnant en régime transgaussien a été introduite il y a quelques années par G. Möllenstedt ([1]). J'ai calculé ici les caractéristiques d'une lentille de ce genre destinée à équiper l'analyseur décrit par ailleurs par B. Gauthé.

Le potentiel dans le plan de symétrie xOz d'une telle lentille à trois fentes est évalué par superposition linéaire des potentiels dus à des fentes infiniment longues percées dans des diaphragmes infiniment minces ; cette méthode a été utilisée avec succès dans des problèmes à symétrie de révolution ([2]). Le potentiel est représenté par l'expression

$$(1)\qquad \Phi(x)=1-\frac{1-\sigma}{2(z_2-z_1)}\Big[\big(a_2^2+(x+x_2)^2\big)^{\frac{1}{2}}+\big(a_2^2+(x-x_2)^2\big)^{\frac{1}{2}} -\big(a_1^2+(x-x_1)^2\big)^{\frac{1}{2}}-\big(a_1^2+(x-x_1)^2\big)^{\frac{1}{2}}\Big],$$

avec $V_2=1$ et $\sigma=V_1/V_2$; a_2 et a_1 représentent les demi-largeurs des fentes, et x_1 la demi-épaisseur de l'électrode centrale (*fig.* 1) ; dans une zone assez large située de part et d'autre du plan de symétrie, avec toutefois $y<a_1$, a_2, la répartition de potentiel $\Phi(x, y)$ est donnée par

$$(2)\qquad \Phi(x,y)=\Phi(x)-\frac{y^2}{2}\Phi''(x).$$

La répartition (1) pouvant être assimilée dans les régions d'incidence et d'émergence à la parabole $\Phi_1(x)=1-n(x\pm x_0)^2$ et dans la région centrale à la parabole $\Phi_2(x)=\Phi_0+px^2$ (avec dans notre cas particulier $n=0,0234$, $p=0,0387$ et $\Phi_0=0,067$) les équations des trajectoires transgaussiennes s'écrivent simplement dans ces régions :

$$\left(\frac{1}{n}-(x\pm x_0)^2+y^2\right)y''=(1+y'^2)\,[y+y'(x\pm x_0)]$$

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) *Optik*, 9, 1952, p. 473-480.

([2]) A. SEPTIER, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1203.

et

$$\left(-\frac{\Phi_0}{p} - x^2 + y^2\right) y'' = (1 + y'^2)(y + xy').$$

Les solutions sont respectivement de la forme :
région d'incidence :

$$y_1 = y_0 \operatorname{ch}\left[\arcsin(x + x_0)\sqrt{\frac{\beta^2}{1 + y_0^2\beta^2}}\right], \qquad \text{avec} \quad \beta = \sqrt{n};$$

région centrale :

$$y_2 = A \cos\left[\operatorname{argsh}\left(x\sqrt{\frac{\alpha^2}{1 - A^2\alpha^2}}\right) - \varphi\right], \qquad \text{avec} \quad \alpha = \sqrt{\frac{p}{\Phi_0}};$$

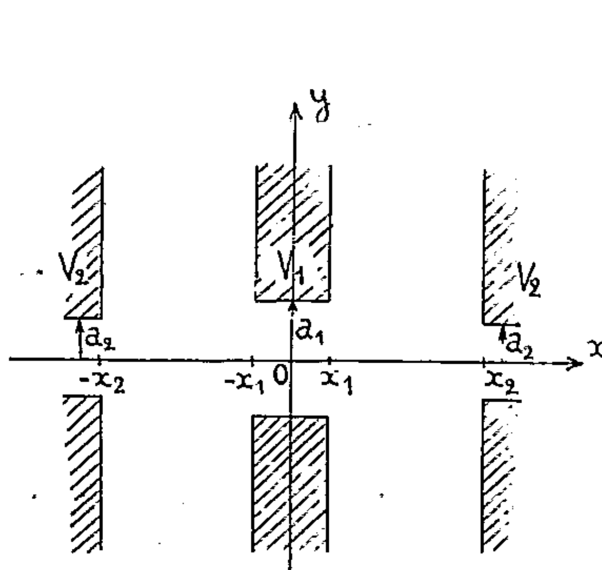


Fig. 1.

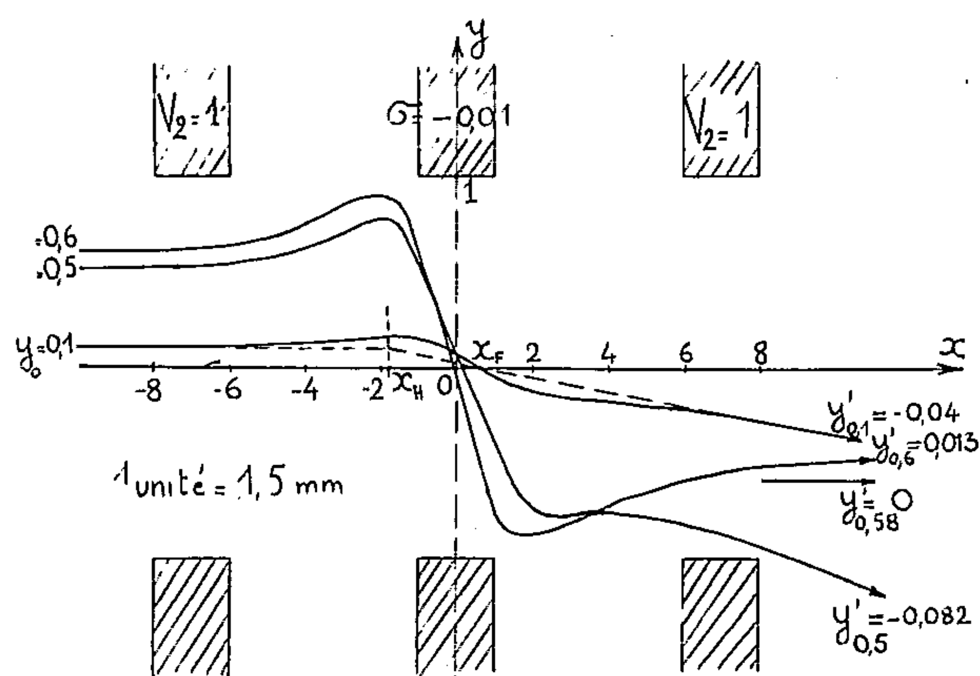


Fig. 2.

région d'émergence :

$$y_3 = B_{\text{sh}}^{\text{ch}}\left[\arcsin(x - x_0)\sqrt{\frac{\beta^2}{1 + B^2\beta^2}} - \psi\right].$$

Les constantes A, φ, B et ψ sont déterminées en raccordant les trajectoires à la limite de chacun des différents domaines. y_0 est l'ordonnée à l'origine de la trajectoire initialement parallèle au plan de symétrie.

Nous avons calculé ces trajectoires pour plusieurs polarisations σ de l'électrode centrale de la lentille proposée, afin de déterminer la valeur de y_0 conduisant à une trajectoire sortant parallèlement au plan de symétrie (ce qui constitue le réglage optimum de la lentille analysatrice) et la valeur du déplacement D sur l'écran d'observation de la pseudo-image de la fente objet pour une variation Δy_0 donnée (l'écran est situé à une distance L = 500 mm de la lentille).

Nous sommes arrivé aux résultats suivants (*fig.* 2) :

$$y_{0_{\text{optimum}}} = 0,87 \text{ mm}, \qquad D = 47,5 \text{ mm}, \qquad \text{pour} \quad \Delta y_0 = 0,15 \text{ mm}.$$

La fente objet ayant une largeur minimum de 1 μ, la largeur de la pseudo-image sera au minimum de 0,3 mm en supposant le faisceau parfaitement monocinétique. Le spectre de vitesses dû à la source (0,3 V pour un filament de tungstène) l'élargit notablement. En effet, la trajectoire d'un électron abordant la lentille analysatrice avec une vitesse inférieure de $\delta\Phi$ à la vitesse des autres particules se calcule en utilisant une répartition de potentiel $\Phi(x, y)$ décalée de $\delta\Phi$. En première approximation, elle sera la même que celle d'un électron non ralenti abordant la lentille à une distance plus forte de δy_0 du plan de symétrie, et rencontrant des potentiels décalés de $\delta\Phi$. On doit avoir $\delta\Phi = \Phi''(x) y_0 \delta y_0$ (avec $V_2 = 1$). On a donc dans la région d'incidence : $\delta\Phi/V_2 = 2ny_0\delta y_0$ ou $\delta y_0 = \delta\Phi/V_2 . 2ny_0$. Dans notre cas particulier, pour $\delta\Phi = 0{,}3$ V, et $V_2 = 30$ kV, on aurait $\delta y_0 \# 0{,}5 . 10^{-3}$ mm. La pseudo-image ne pourra donc, compte tenu du spectre de vitesses dû à la source, avoir une largeur inférieure à $\delta = 0{,}45$ mm pour une largeur de fente de 1 μ.

Un écart de 10 V équivaudrait à un déplacement $\delta y_0 = 16$ μ, et fournirait un déplacement de la pseudo-image de $d \# 5$ mm. Les expériences menées par B. Gauthé dans les mêmes conditions de voltage, ont confirmé ces résultats de façon satisfaisante.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Un essai de microscopie électronique à photoémission.* Note (*) de M. E. **Louis Huguenin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons construit un microscope électronique du type électrostatique où l'on forme l'image d'une surface émettant des électrons sous l'effet d'un rayonnement ultraviolet. L'appareil est entièrement démontable; la tête du microscope, fort simple, permet les déplacements sous vide de l'objet à étudier. Une lampe à vapeur de mercure à haute pression, suivie de deux condenseurs, éclaire l'objet en lumière presque rasante (incidence environ 80°).

Le microscope fonctionne sous 20 000 V. Il comprend deux étages. Le premier étage est constitué par une lentille du type à immersion que nous avons calculée d'après les travaux de Septier. L'objet étant situé à une distance de 7 mm du wehnelt, distance nécessaire pour permettre l'éclairage par la lampe, cette lentille donne un grandissement de 15 sur l'écran placé à 50 cm. Le deuxième étage comprend une lentille de projection à trois électrodes. L'ensemble des deux lentilles donne un grandissement direct de 120 (variable) dans les conditions normales de fonctionnement.

Au cours des premiers essais, l'image était observée sur un écran fluorescent, par transmission. Par la suite, nous avons dû remplacer celui-ci

(*) Séance du 26 juillet 1954.

par un bloc écran-caméra, la surface de l'écran étant directement observée. Ceci permet d'augmenter la luminosité dans un rapport de 1 à 10 environ.

Les premières images observées ont été celles de rayures fraîches faites à la surface de métaux tels que le zinc, cuivre, argent et aluminium. Nous avons photographié ces rayures à l'extérieur du microscope avec un appareil photographique très ouvert. Nous avons dû utiliser des temps de pose, de l'ordre de 15 mn (plaques « Superfulgur » Guilleminot). Ces conditions pénibles de prise de vue nous ont amenés à placer à l'intérieur de l'appareil le bloc écran-caméra. Un temps de pose de 2 à 5 s était alors largement suffisant. La figure 1 représente une photographie de l'écran fluorescent prise à l'extérieur de l'appareil (rayures sur du zinc); la lumière parasite ultraviolette en a voilé la partie centrale.

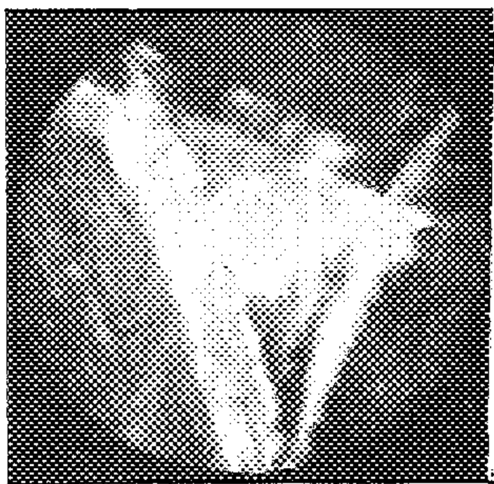


Fig. 1.

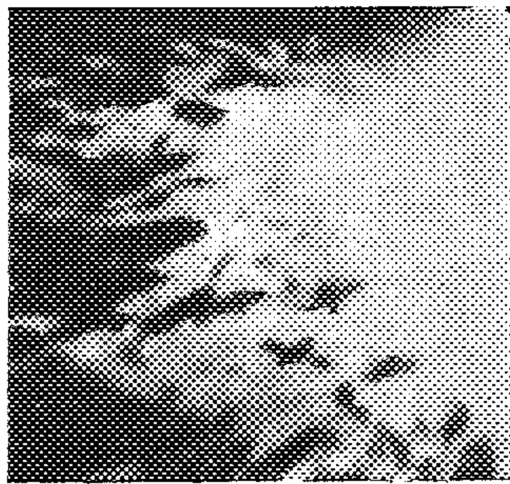


Fig. 2.

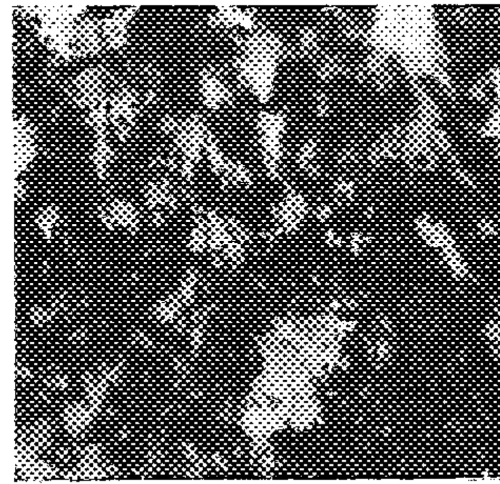


Fig. 3.

Les seules structures que nous avons pu voir ont été des rayures fraîches faites sur le métal, la structure cristalline de celui-ci n'étant pas visible, conformément à d'anciennes observations de Mahl. Nous avons aussi attaqué le métal, après l'avoir poli, par un réactif chimique approprié, afin de faire apparaître sa structure. Mais il nous a été impossible de nettoyer entièrement la surface, aucune émission n'est alors permise. L'état de propreté superficielle est fondamental : les contaminations modifient l'émission, pouvant même l'arrêter. Nous avons constaté que des rayures nettoyées avec de l'eau distillée ou de l'alcool n'émettent plus. L'acétone et l'éther purs n'ont par contre aucune influence. Nous avons donc été amenés à introduire dans le microscope un canon à ions gazeux destiné à nettoyer par impact ionique la surface du métal, préalablement attaquée par un réactif chimique.

Le canon d'ions répond au schéma classique. L'électrode interne est portée à un potentiel positif, tandis que l'électrode externe, réunie à la masse, constitue l'enveloppe du canon. Il peut être amené dans l'axe du microscope, entre les deux lentilles électrostatiques, pour le bombardement, puis écarté lors du fonctionnement de l'appareil. L'objet bombardé

se trouve à 40 mm de l'embouchure du canon. Un robinet à fuite réglable permet de réaliser la pression convenable pour l'entretien de la décharge. Nous opérons habituellement avec un débit de 150 μA et une accélération de 10 000 eV avec de l'air.

La figure 2 (temps de pose : 4 s), représente la surface d'un échantillon de cuivre attaqué par un réactif chimique (NO_3H concentré) puis nettoyé par bombardement ionique. Le moutonnement que l'on observe tient au fait que l'échantillon n'ayant pas été recuit, les cristaux de cuivre sont brisés, comme on peut le constater sur la photographie 3, prise au microscope métallographique représentant une région analogue à celle observée électroniquement. Ces expériences préliminaires nous ont amené à modifier la construction du microscope afin d'améliorer l'optique électronique et de supprimer l'influence de la lumière parasite ultraviolette sur l'écran fluorescent.

OPTIQUE. — *Étude optique de lames minces de fluorure de calcium dans la zone de réflexion totale.* Note de M. **Paul Bousquet**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note précédente (1), nous avons décrit un système de franges que l'on peut observer lorsqu'on dépose, par vaporisation thermique, une lame de fluorure de calcium de quelques microns d'épaisseur sur la face hypoténuse d'un prisme de verre à réflexion totale. Nous terminions, en signalant que, si la position des franges observées s'expliquait correctement lorsqu'on n'était pas au voisinage immédiat de l'angle limite verre-lame, les franges les plus voisines de cette incidence limite présentaient toujours des irrégularités notables. Depuis lors, une autre expérience nous a montré aussi des perturbations dans la réflexion totale de la lumière sur les mêmes lames.

Faisons tomber sur le prisme un faisceau lumineux convergent polarisé rectilignement à 45° du plan d'incidence et plaçons un analyseur sur le faisceau émergent qui a subi la réflexion totale sur la lame. Le polariseur et l'analyseur étant parallèles, on observe dans le faisceau réfléchi une série de franges rectilignes, localisées à l'infini, et correspondant à des angles d'incidence sur la surface verre-lame compris entre les deux angles limites verre-air et verre-lame; les franges sont très nettes et vivement colorées en lumière blanche; elles s'inversent si le polariseur et l'analyseur sont croisés.

L'existence de ce système de franges est normale; elle traduit des phénomènes d'interférence à l'intérieur de la lame. Si l'on trace la courbe théorique donnant en fonction de l'angle d'incidence la différence de phase entre les composantes perpendiculaire et parallèle au plan d'incidence, dans le faisceau

(1) P. Bousquet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 516.

réfléchi, cette courbe présente une série d'oscillations, d'autant plus nombreuses que la lame est plus épaisse; mais ces oscillations sont régulières et devraient donc se traduire par un système régulier de franges dans la lumière réfléchie. Or, les franges observées comme indiqué ci-dessus se présentent de façon très irrégulière au voisinage de l'angle limite, dans la région même où nous avions primitivement observé l'irrégularité des franges de diffusion. Ces deux phénomènes paraissent donc liés et sont peut-être dus à une même cause.

Pour étudier de plus près le nouveau phénomène nous avons mesuré dans la lumière réfléchie totalement par nos lames la différence de phase entre les composantes parallèle et perpendiculaire au plan d'incidence, ainsi que le rapport des intensités de ces deux composantes. Nous avons utilisé à cet effet un analyseur de Chaumont, monté sur un goniomètre, qui nous a permis pour toute valeur de l'angle d'incidence de déterminer les caractéristiques de la lumière elliptique réfléchie. Notre étude a porté sur une série de lames de fluorure de calcium dont nous avons en même temps mesuré l'épaisseur optique par spectrophotométrie sous incidence normale. L'épaisseur des lames étudiées a varié entre quelques dixièmes de longueur d'onde et dix longueurs d'onde environ.

Pour des épaisseurs relativement faibles, jusqu'à une longueur d'onde environ, l'accord est satisfaisant entre les courbes théoriques et expériment tales. Quant au rapport des intensités $I_{\parallel}$ et $I_{\perp}$ des deux composantes il reste constamment égal à 1, comme le veut la théorie, puisque les deux composantes subissent la réflexion totale.

Pour des épaisseurs supérieures, à partir de 2λ environ, les courbes expérimentales commencent à présenter des particularités que ne présentent pas les courbes théoriques. C'est ainsi que pour des lames dont l'épaisseur optique est de l'ordre de 14 000 Å la courbe représentant $\alpha_{\perp} - \alpha_{\parallel}$ présente un minimum très accentué pour un angle d'incidence un peu inférieur à l'angle limite verre-lame. A mesure qu'on étudie des lames plus épaisses le nombre de ces oscillations que ne prévoient pas les calculs augmente; elles traduisent des variations de phase très rapides et très importantes au voisinage immédiat de l'angle limite. Au delà de cet angle toute oscillation disparaît. Les courbes $I_{\parallel}/I_{\perp}$ présentent aussi des particularités. Normalement la réflexion devant être totale pour les deux composantes, à partir du premier angle limite (angle d'incidence sur la lame égal à l'angle limite verre-air), le rapport $I_{\parallel}/I_{\perp}$ devrait être constamment égal à 1. En réalité, en faisant croître l'incidence à partir de cet angle limite, on observe un certain nombre d'oscillations du rapport $I_{\parallel}/I_{\perp}$, plus ou moins marquées suivant l'épaisseur de la lame.

Lorsqu'on approche du deuxième angle limite (angle d'incidence sur la lame égal à l'angle limite verre-lame) ces variations de $I_{\parallel}/I_{\perp}$ deviennent très rapides et importantes. L'intensité relative des deux composantes varie très rapidement dans cette région; la réflexion n'y est donc pas totale les facteurs de réflexion

variant au contraire très brusquement et devenant même très faibles pour certaines valeurs de l'incidence.

Ces particularités de la courbe $I_{\parallel}/I_{\perp}$ s'illustrent d'ailleurs parfaitement par l'expérience suivante : faisons réfléchir sur la lame un faisceau lumineux convergent polarisé parallèlement au plan d'incidence. Dans la zone d'incidences étudiée ci-dessus, au lieu d'observer une réflexion totale, on aperçoit un certain nombre de franges noires, certaines très fines et très nettes, qui sont la preuve d'une diminution rapide du facteur de réflexion de la lame pour certaines incidences. Par contre, au delà du deuxième angle limite, toute perturbation cesse et la réflexion est totale pour les deux composantes.

Toutes ces mesures confirment donc l'existence d'anomalies marquées aussi bien au point de vue phases qu'au point de vue intensités dans la réflexion totale de la lumière sur les lames étudiées.

OPTIQUE. — *Réalisation par apodisation d'un objectif isoplanétique.* Note (*) de M. **Robert N. R. Burtin**, transmise par M. Eugène Darmois.

Un sténopé apodisé s'obtient en interposant une matière absorbante entre une lame à faces parallèles et la face courbe d'une lentille plan-convexe. P. M. Duffieux [1] a montré des propriétés intéressantes de cette pupille : un point objet sur l'axe donne, dans un plan image normal à cet axe, une répartition d'énergie représentée par la courbe en cloche de Gauss; c'est en effet le carré du module de la transformée de Fourier de la fonction

$$F(x, y) = \exp[-(a+bi)(x^2+y^2)],$$

où a est un coefficient d'absorption et, z_0 étant l'abscisse du foyer, z celle du plan de mise au point,

$$b = \pi\left(\frac{1}{z_0} - \frac{1}{z}\right).$$

L'ouverture numérique d'un sténopé est faible; pour un point objet en dehors de l'axe, dans la direction φ, les aberrations les plus importantes seront l'astigmatisme et la courbure de champ. La tache de diffraction aura une forme elliptique. En tenant compte de l'inclinaison des rayons sur le plan de mise au point et moyennant certaines propriétés des surfaces focales, on doit pouvoir trouver une position de ce plan pour laquelle la section du faisceau est de révolution et identique à celle obtenue sur l'axe, dans le même plan.

La pupille est, pour des axes perpendiculaires à la direction φ :

$$F'(x', y') = \exp[-(c+iA)x'^2 - (d+iB)y'^2],$$

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) *Rev. Opt.*, 32, n° 7, 1953, p. 405.

avec

$$d = a = \frac{c}{\cos^2\varphi},$$

$$A = \pi \cos\varphi\left(\frac{1}{t} - \frac{1}{z}\right),$$

$$B = \pi \cos\varphi\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{z}\right);$$

t et s étant les abscisses des plans perpendiculaires à l'axe du système passant respectivement par les focales tangentielle et sagittale.

La répartition de l'énergie dans ces figures de diffraction est très bien représentée par les moments du second ordre ([2]). En écrivant que les moments pris par rapport aux deux axes de symétrie de la tache sont égaux entre eux et à ceux de la tache obtenue sur l'axe, nous avons les conditions

$$\frac{1}{\cos\varphi}\left(\frac{1}{t} - \frac{1}{z}\right) = \cos\varphi\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{z}\right) = \frac{1}{z_0} - \frac{1}{z}.$$

La forme des surfaces focales est donc fixée; on constate que sur l'axe, leurs courbures doivent être égales et de signe contraire. L'abscisse z du plan de mise au point ne dépend que de ces courbures.

Une vérification expérimentale est aisée : un sténopé afocal suivi d'un objectif périscopique (correction de la courbure de champ) est un système obéissant à la condition précédente. Après étude des surfaces focales d'un périscopique de série, le calcul a montré qu'il fallait un défaut de mise au point de 75 mm, en arrière pour une distance focale de 160 mm, ce qui paraît inquiétant. Cependant, en opérant par photographie en lumière parallèle et très grossièrement monochromatique, on obtient jusqu'à $\varphi = 20°$, limite de notre dispositif expérimental, des taches identiques et seulement deux fois plus larges que la tache de diffraction au foyer d'énergie du système.

Ce résultat peut être amélioré soit en associant le sténopé apodisé à un objectif spécial, soit en adoptant un type plus complexe d'apodisation.

OPTIQUE DE L'ATMOSPHÈRE. — *Remarque sur le rôle des diffusions multiples dans la luminance du ciel.* Note (*) de Mlle **Jacqueline Lenoble**, présentée par M. Jean Cabannes.

A quelques centièmes près, la part des diffusions d'ordre croissant dans la luminance du ciel décroît en progression géométrique avec une raison ne dépendant que de la longueur d'onde, dès la diffusion primaire si le Soleil ou le point d'observation ne s'écarte pas trop du zénith, et pour les diffusions d'ordre élevé dans tous les cas.

([2]) *Rev. Opt.*, 31, n° 6, 1952, p. 265.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

Nous avons déjà signalé [1] en calculant la luminance du ciel que la part due aux diffusions d'ordre croissant semble souvent décroître en progression géométrique.

Nous allons essayer de voir comment peut s'expliquer ce fait à partir des équations du rayonnement et dans quelles limites on peut l'utiliser pour évaluer rapidement la luminance du ciel.

Nous considérons une atmosphère pure, plane, homogène, d'épaisseur $\mathcal{H}$ (atmosphère équivalente), en l'absence de réflexion sur le sol et en négligeant l'anisotropie pour les diffusions d'ordre supérieur à 1 [1]. $I(H, \Theta, \Phi)\, dv$ est l'intensité diffusée par un volume dv à l'altitude H et dans la direction (Θ, Φ) et $B(H, \Theta, \Phi)$ la luminance de l'atmosphère pour un point situé à l'altitude H, le rayonnement se propageant dans la direction (Θ, Φ); soit k le coefficient d'absorption, μ le coefficient de diffusion et S l'éclairement solaire aux confins de l'atmosphère.

L'équation du rayonnement s'écrit alors, en calculant par itération l'intensité du rayonnement ayant subi 1, 2, ..., n diffusions [2].

$$I_1(H, \Theta, \Phi) = \mu(\Theta, \Phi; (\pi - \zeta), 0)\, S\, e^{-k(\mathcal{H}-H)Z}, \tag{1}$$

$$I_{n+1}(H) = 2\pi\bar{\mu} \int_0^{\mathcal{H}} I_n(H')\, E_1 \,|\, k(H' - H) \,|\, dH'. \tag{2}$$

Le terme d'ordre n dans la luminance du ciel vu du sol est :

$$B_n(0, \Theta, \Phi) = \int_{\mathcal{H}}^{0} I_n(H, \Theta, \Phi)\, e^{\sec\Theta k H} \sec\Theta\, dH. \tag{3}$$

Un premier cas est celui où I_n varie peu avec H, ce qui est vrai pour la lumière ayant subi un certain nombre de diffusions, nombre qui doit être d'autant plus grand que ζ est plus grand; pour ζ faible, même I_1 varie peu avec H. Dans ce cas, en posant

$$\varphi(H) = \int_0^{\mathcal{H}} E_1 \,|\, k(H' - H) \,|\, dH',$$

l'équation (2) s'écrit :

$$I_{n+1}(H) \simeq 2\pi\bar{\mu}\, I_n(H)\, \varphi(H) \simeq 2\pi\bar{\mu}\, I_n(H)\, \bar{\varphi}, \tag{2'}$$

où $\bar{\varphi}$ est la valeur moyenne de $\varphi(H)$, et :

$$\boxed{B_{n+1} \simeq 2\pi\bar{\mu}\, \bar{\varphi}\, B_n.}$$

Quand I_n varie rapidement avec H, ce raisonnement n'est plus valable, mais,

---

(1) *Thèse*, Paris, 1954.

(2) Z, fonction de la distance zénithale ζ du Soleil; si $\zeta \leq 70^\circ$, $Z = \sec\zeta$. E_1, exponentielle intégrale.

quand on s'intéresse au ciel près du zénith, $e^{\sec\Theta kH}$ varie lentement avec H et en intervertissant les intégrations dans l'expression de B_{n+1}, on retrouve :

$$B_{n+1} \simeq 2\pi\bar{\mu}\,\bar{\varphi}\,B_n.$$

On a porté dans le tableau ci-dessous les valeurs de $2\pi\bar{\mu}\,\bar{\varphi}_1$, où

$$\bar{\varphi}_1 = \varphi\left(\bar{H} = \frac{\mathcal{H}}{2}\right) = \frac{2}{k}\left[1 - E_2\left(\frac{k\mathcal{H}}{2}\right)\right],$$

et de $2\pi\bar{\mu}\,\bar{\varphi}_2$, où

$$\bar{\varphi}_2 = \frac{1}{\mathcal{H}}\int_0^{\mathcal{H}} \varphi(H)\,dH = \frac{2}{k}\left[1 - \frac{0,5 - E_3(k\mathcal{H})}{k\mathcal{H}}\right]$$

et les valeurs de a, raison de la progression géométrique trouvée dans les calculs de B_n par itération.

λ Å.	$2\pi\bar{\mu}\,\bar{\varphi}_1$.	$2\pi\bar{\mu}\,\bar{\varphi}_2$.	a.	λ Å.	$2\pi\bar{\mu}\,\bar{\varphi}_1$.	$2\pi\bar{\mu}\,\bar{\varphi}_2$.	a.
3 100........	0,69	0,62	0,70	5 000......	0,22	0,21	0,205
3 300........	0,62	0,56	0,61	5 500......	0,17	0,16	0,16
3 600........	0,52	0,47	0,50	6 000......	0,13	0,13	0,12
3 900........	0,43	0,40	0,41	6 500......	0,10	0,09	0,095
4 000........	0,40	0,37	0,38	7 000......	-	0,075	0,085
4 500........	0,30	0,28	0,27				

Il semble donc qu'à la précision des hypothèses (quelques pour cent) il est possible d'admettre que, pour n croissant, B_n décroît en progression géométrique, de raison déterminée a ne dépendant que de la longueur d'onde λ, dans tous les cas pour les diffusions d'ordre élevé et dès la diffusion primaire si, ou le point du ciel étudié, ou le Soleil ne s'éloigne pas trop du zénith. On a alors une évaluation simple de la luminance :

$$B = B_1 + B_1\frac{a}{1-a} = \frac{B_1}{1-a}.$$

Remarquons, pour terminer, que la méthode de résolution approchée des l'équation du rayonnement que L. V. King (³) a introduite mathématiquement se ramène à un raisonnement tout à fait analogue à celui que nous venons de développer.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude de la réaction* $^{109}Ag(\gamma, \alpha)^{105}Rh$. Note (*) de M. **Hubert de Laboulaye** et Mlle **Jacqueline Beydon**, présentée par M. Francis Perrin.

Les auteurs présentent la courbe d'activation, obtenue au bétraton, de la réaction $^{109}Ag(\gamma, \alpha)^{105}Rh$. Ils utilisent l'intermédiaire de la courbe d'activation de $^{58}Ni(\gamma, n)^{57}Ni$ qui est connue. Le ^{105}Rh est extrait par voie chimique. La section

(³) *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A, **212**, 1913, p. 375.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

efficace de $^{109}Ag(\gamma, \alpha)\,^{105}Rh$ trouvée est beaucoup plus grande que ne le prévoit la théorie de l'évaporation statistique.

On ne connaît jusqu'à présent que trois courbes de section efficace (γ, α) en fonction de l'énergie des γ, celles de $^{65}Cu(\gamma, \alpha)^{61}Co$ (1), $^{81}Br(\gamma, \alpha)^{77}As$ (2) et $^{87}Rb(\gamma, \alpha)^{83}Br$ (3), obtenues toutes trois par irradiation au bétraton et analyse radiochimique. Elles présentent l'aspect en cloche caractéristique des processus photonucléaires Mais leur importance relative, qu'on peut illustrer par $S = \int_0^\infty (\sigma E_\gamma) dE_\gamma$, décroît rapidement dans le sens des A croissants :

$$S(^{65}Cu)/S(^{81}Br)/S(^{87}Rb) = 100/12{,}3/5{,}1.$$

L'étude à l'aide d'émulsion photographique des α émis semble compatible (4), (5) avec celle déduite d'un modèle d'évaporation statistique (6) à condition de ne pas tenir compte d'un pic mal expliqué aux basses énergies (7). Cette constatation a incité divers auteurs (4) à accorder crédit aux estimations de section efficace basées sur ce modèle. De préférence à $\sigma(\gamma, \alpha)$ qui comporte un grand nombre de termes mal connus, ils calculent le rapport. $\sigma(\gamma, \alpha)/\sigma(\gamma, n) = \Gamma_\alpha/\Gamma_n$ et déduisent les $\sigma(\gamma, \alpha)$ des $\sigma(\gamma, n)$ beaucoup plus grandes et faciles à mesurer. Les calculs indiquent une décroissance très rapide de $\sigma(\gamma, \alpha)$ en fonction de A, surtout dans les régions où l'effet de barrière de potentiel joue un rôle important.

Par contre, on sait (8) que la décroissance de la section efficace des réactions (n, α) provoquées par neutrons de 14,5 MeV est beaucoup moins rapide en fonction de A que ne le prédit la théorie de l'évaporation statistique. Si l'on admet pour les deux types de réaction qu'il y a passage par un noyau composé doté d'une énergie d'excitation comparable, on doit s'attendre à une variation analogue des $\sigma(\gamma, \alpha)$. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons entrepris l'étude de la réaction $^{109}Ag\,(\gamma, \alpha)\,^{105}Rh$.

Les rayons γ sont produits par le bétatron Allis-Chalmers de 22 MeV du C. E. A. (Institut G. Roussy à Villejuif). La cible est un cylindre d'argent de 20 mm de diamètre et 20 mm d'épaisseur centré sur l'axe du faisceau à 40 cm de l'anticathode. Elle est encadrée par deux disques minces (0,1 mm) de Ni, de 20 mm de diamètre également, qui servent de moniteurs d'intensité du faisceau car la période de ^{57}Ni obtenu par (γ, n) est, à 3 ‰ près, celle de ^{105}Rh cherché.

---

(1) R. N. H. Haslam, L. A. Smith et J. G. V. Taylor, *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 840.
(2) J. G. V. Taylor et R. N. H. Haslam, *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 1138.
(3) R. N. H. Haslam et H. M. Skarsgard, *Phys. Rev.*, 81, 1951, p. 479.
(4) H. Nabholtz, P. Stoll et H. Waffler, *Helv. phys. Acta*, 25, 1952, p. 701.
(5) C. H. Millar, *Can. J. Phys.*, 31, 1953, p. 262.
(6) J. M. Blatt et V. F. Weisskopf, *Theoret. nucl. Phys.*, Wiley and Sons, New-York.
(7) C. H. Millar et A. G. W. Cameron, *Can. J. Phys.*, 31, 1953, p. 723.
(8) E. B. Paul et R. L. Clarke, *Can. J. Phys.*, 31, 1953, p. 267.

Le cylindre d'argent est dissous dans NO_3H. On ajoute 10 mg de Fe à l'état de $(NO_3)_3Fe$. On précipite par l'ammoniaque $Fe(OH)_3$ qui entraîne ^{105}Rh. Le précipité est débarrassé de l'argent restant par redissolution dans NO_3H et reprécipitation par NH_4OH. On fait trois précipitations successives de $Fe(OH)_3$ par addition, chaque fois, de $(NO_3)_3Fe$. L'hydroxyde de fer, desséché, est finement pulvérisé. Les sources minces (3 mg/cm²) sont comptées au compteur cloche. Les méthodes d'extraction chimique et de préparation des sources ont été contrôlées en utilisant des solutions-témoins de ^{105}Rh préparé à la Pile. L'activité d'une source à partir d'une solution donnée est reproductible à 2 % près.

On détermine les valeurs absolues d'activité des sources de ^{105}Rh comme

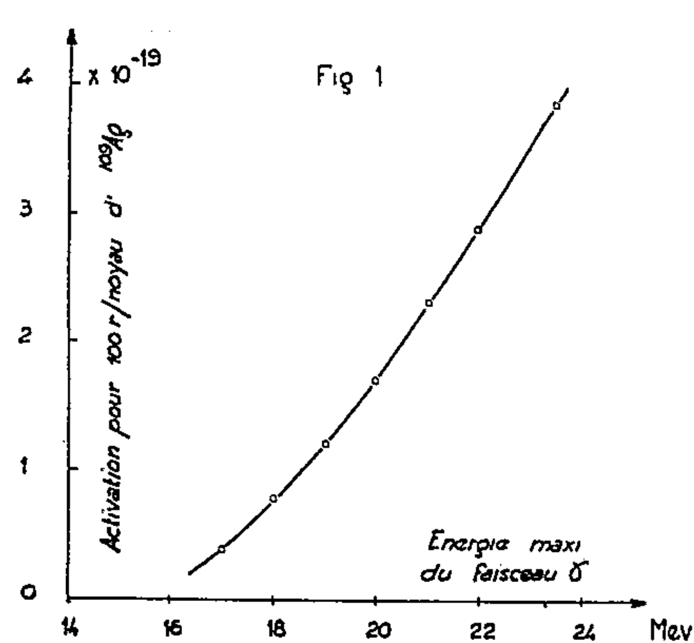


Fig. 1. Courbe d'activation

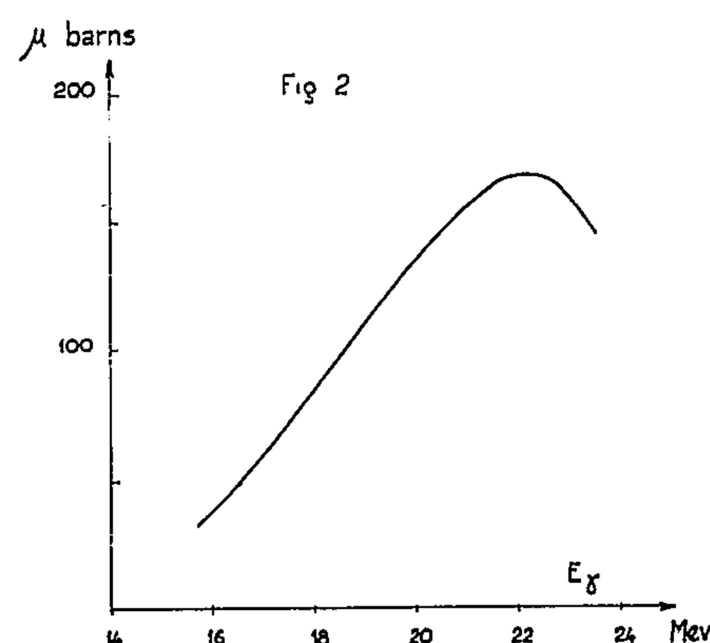


Fig. 2 : Section efficace de $^{109}Ag(\gamma, \alpha)^{105}Rh$

de ^{57}Ni par étalonnage en couche infiniment mince au compteur 4π. Les schémas de désintégration adoptés sont tirés de ([9]). A partir de ces activités absolues et après corrections d'absorption γ dans Ag et d'ouverture angulaire du faisceau, on déduit la courbe d'activation (γ, α) inconnue de ^{109}Ag (*fig.* 1) de celle, connue, de $^{58}Ni(\gamma, n)^{57}Ni$ ([10]). La courbe de section efficace (*fig.* 2) est calculée par la méthode dite de « photon difference » ([11]).

Passant par l'intermédiaire de la courbe d'activation de $^{58}Ni(\gamma, n)^{57}Ni$ relevée par les Canadiens, nous nous référons à leur étalonnage en intensité défini dans ([12]). Une partie de ^{105}Rh pourrait être issue de la réaction $^{107}Ag(\gamma, 2p)^{105}Rh$

([9]) J. M. Hollander, I. Perlman et G. T. Seaborg, *Rev. mod. Phys.*, 25, 1953, p. 469.

([10]) Communiquée par le Professeur L. Katz (Université de Saskatchewan).

([11]) L. Katz et A. G. W. Cameron, *Can. J. Phys.*, 29, 1951, p. 518.

([12]) H. E. Johns, L. Katz, R. A. Douglas et R. N. H. Haslam, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 1062.

mais c'est très improbable car on a montré que la réaction $^{109}Ag(\gamma, 2p)^{107}Rh$, de caractéristiques semblables, ne se produisait pratiquement pas en dessous de 22 MeV.

En conclusion, la décroissance avec A des $\sigma(\gamma, \alpha)$ semble beaucoup plus lente que ne l'indique la théorie statistique : par exemple, alors que celle-ci prévoit pour $E_\gamma = 17{,}6$ MeV, une $\sigma(\gamma, \alpha)$ de ^{109}Ag 1000 fois plus petite que celle de ^{81}Br (4), les résultats ci-dessus montrent que ces deux σ sont presque égales. La section efficace intégrée de ^{87}Rb est inférieure à celles de ^{81}Br et ^{109}Ag qui l'encadrent, probablement parce que ce nuclide est saturé à 50 neutrons. Des recherches sur des noyaux-cibles de A plus élevés sont en cours.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Résonance magnétique nucléaire en champ tournant.* Note (*) de MM. **Claude Manus, Georges Béné, Pierre Denis, Richard Extermann** et **Robert Mercier**, transmise par M. Jean Cabannes.

Les conditions de résonance en champ tournant et les effets de relaxation sont brièvement interprétés à l'aide de la théorie macroscopique de la résonance magnétique.

L'étude de la résonance magnétique en champ alternatif, qui a fait l'objet d'une Note antérieure (1), a été complétée à l'aide du même dispositif par celle de l'induction nucléaire dans un champ tournant. Nous décrivons brièvement ci-dessous les conditions expérimentales et les résultats obtenus.

Le champ tournant est obtenu à partir du secteur alternatif triphasé à l'aide du montage classique de Scott qui donne un courant diphasé. Les deux phases alimentent deux paires de bobines à axes perpendiculaires, la symétrie géométrique et l'égalité des courants assurant un champ d'amplitude constante tournant à la période du réseau dans le plan des axes des bobines. Nos expériences, portant sur la résonance des protons à la fréquence de 360 kc/s, ont été entreprises en champ elliptique, c'est-à-dire avec une amplitude différente des courants dans les deux paires de bobines. Nous avons passé de manière continue d'un champ purement alternatif à un champ tournant elliptique (rapport des axes environ égal à 4).

Dans un tel dispositif, le moment magnétique tourne à la fréquence du champ en gardant toujours une valeur relativement importante. Il passe au contraire par une valeur très voisine de o dans le cas du champ alternatif.

Une théorie élémentaire analogue à celle utilisée précédemment pour interpréter les effets de relaxation en champ alternatif rend qualitativement compte des résultats observés. Le signal diminue d'amplitude lorsque croît

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1315.

le rapport T_l/T_s du temps de relaxation longitudinale à la période de rotation du champ, mais cette diminution est beaucoup moins importante que dans le cas du champ alternatif. On prévoit également, et l'expérience l'a confirmé, une variation de la phase du moment résultant par rapport au champ tournant lorsque varie le rapport T_l/T_s. Par ailleurs si, en champ alternatif comme en champ constant, le signal de résonance disparaît lorsque les axes des deux champs (principal et H. F.) sont parallèles, cette extinction n'a pas lieu en champ tournant. Lorsque l'axe du champ H. F. est parallèle au grand axe de l'ellipse les quatre directions pour lesquelles l'amplitude du champ tournant correspond à la résonance forment en général un angle assez grand pour que les résonances aient une amplitude suffisante. Il est aisé de se rendre compte qu'il existe deux positions de la bobine H. F. pour lesquelles deux des quatre signaux disparaissent. Il faut noter que dans la position la plus défavorable des bobines H. F. (champ H. F. parallèle au grand axe de l'ellipse) les signaux diminuent rapidement d'amplitude lorsque croît l'excentricité de l'ellipse. Tous ces résultats découlent de la théorie classique de la résonance nucléaire.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur l'intensité totale et les spectres différentiels des moments de la composante nucléaire du rayonnement cosmique au voisinage de l'équateur observés au moyen d'une émulsion sensible.* Note (*) de MM. **Tsai-Chü** et **Max Morand**, transmise par M. Eugène Darmois.

Les spectres des moments des protons lents, compte tenu de la répartition angulaire, présentent un maximum secondaire du côté des faibles énergies. Pour les protons, l'effet de latitude est environ deux fois plus petit que pour les neutrons.

1. Dans les Notes précédentes ([1]), ([2]) nous avons montré que la répartition zénithale de l'intensité de la composante nucléaire varie avec l'énergie. Le spectre différentiel des moments des protons lents à Tamanrasset ([3]) a été obtenu sans tenir compte de cette variation. En supposant que la répartition zénithale est donnée par $j(\theta)=j(o)\cos^{\lambda}\theta$, l'intensité verticale absolue $j(o)$ est évaluée au moyen de la relation

$$n = tA\int_0^{\theta}\int_0^{2\pi} j(o)\cos^{\lambda}\theta\sin\theta\,d\theta\,d\varphi\,\cos\theta = 2\pi tA\,j(o)\,\frac{1-\cos^{\lambda+2}\theta}{\lambda+2},$$

n est le nombre des particules contenues dans un cône de demi-angle zénithal θ et reçues sur une surface horizontale A pendant un temps d'exposition t. L'in-

(*) Séance du 5 juillet 1955.

([1]) Tsai-Chü et Max Morand, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2211.

([2]) Tsai-Chü et Max Morand, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1517.

([3]) Max Morand et Tsai Chü, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1502.

tensité $j(o)$ est peu sensible à la variation de λ, lorsque l'angle d'ouverture θ est petit ; cependant nous avons alors moins de traces disponibles et les erreurs statistiques sont plus grandes. En tenant compte de la variation de λ il y a donc intérêt à utiliser un cône de plus grande ouverture. Les tableaux I et II indiquent les résultats calculés pour les protons ayant un angle zénithal inférieur ou égal à 60°; les erreurs sont dues aux fluctuations statistiques, celles qui proviennent de l'imprécision sur λ sont, en général, négligeables.

TABLEAU I.

Tamanrasset : 8,805 m d'eau, 25°30' N.

ΔE (MeV)	12-21	21-30	30-42	42-56	56-72
	72-115	115-178	178-226	226-261	
P (MeV/c)	150-198	198-237	237-282	282-328	328-375
	375-473	473-599	599-687	687-740	
$I.10^7$	1,8 ± 0,1	1,7 ± 0,2	1,8 ± 0,2	2,6 ± 0,2	2,4 ± 0,2
	2,0 ± 0,2	3,1 ± 0,2	5,5 ± 0,2	2,3 ± 0,3	

TABLEAU II.

Costermansville : 8,555 m d'eau, 4° S.

ΔE (MeV)	12-30	30-36	36-43	43-51	51-67
	67-91	91-176	176-221	221-248	248-298
P (MeV/c)	150-237	237-261	261-286	286-314	314-358
	358-422	422-599	599-679	679-724	724-802
$I.10^7$	1,9 ± 0,1	2,8 ± 0,3	3,2 ± 0,4	3,1 ± 0,3	3,4 ± 0,3
	3,1 ± 0,2	2,2 ± 0,1	4,6 ± 0,3	6,6 ± 0,4	3,2 ± 0,3

2. L'intensité verticale totale calculée pour $\theta \leqq 60°$, (protons et quelques pour-cent de mésons), à Tamanrasset (8,805 m d'eau) est $(1,615 \pm 0,044).10^{-4}$ par cm^2.s. stérad. jusqu'à 226 MeV, en bon accord avec la valeur [3] obtenue pour $\theta \leqq 30°$. Pour la même bande d'énergie, l'intensité à Costermansville (8,555 m d'eau) est $(1,680 \pm 0,057.)10^{-4}$. L'altitude est calculée d'après les pressions moyennes enregistrées pendant toute la durée d'exposition. L'effet de latitude sur les protons entre 25°30' et l'équateur est $1,16 \pm 0,06$, en ramenant les intensités au même niveau grâce à un parcours d'absorption de 135 $gm.cm^{-2}$, et l'effet entre l'équateur et le Mont Ventoux [4] [46°10', 8,288 m, intensité $(3,26 \pm 0,10).10^{-4}$] est $1,59 \pm 0,08$. Les mêmes effets sur les neutrons sont 1,37 et 2,28 [5], donc le taux d'augmentation des neutrons est environ deux fois plus grand que celui des protons. Ceci signifie que l'augmentation plus rapide pour les neutrons lents fait intervenir des primaires de plus faibles énergies que pour les protons.

---

(4) M. MORAND, Y. AVIGNON, L. ROSSUM et R. DESPREZ, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1639.

(5) J. A. SIMPSON et W. C. FAGOT, *Phys. Rev.*, 90, 1953, p. 1068.

Nous avons identifié 5,3 ± 1,0 % de mésons à Costermansville et 3,6 ± 0,8 % à Tamanrasset. Pour les protons identifiés les valeurs λ moyennes de la répartition zénithale sont 0,86 ± 0,11 à Costermansville et 1,01 ± 0,13 à Tamanrasset, si l'on suppose que les mésons identifiés ont une valeur moyenne 3,2 pour λ ([6]), les intensités de mésons, corrigées pour la différence de répartition, sont $(2,7 \pm 0,5).10^{-6}$ par gm. s. stérad. à Costermansville et $(2,0 \pm 0,5).10^{-6}$ à Tamanrasset.

3. Les spectres des moments pour les protons (*fig.* 1 et 2) en portant en ordonnées les intensités verticales par unité de moment (I) et en abscisses les

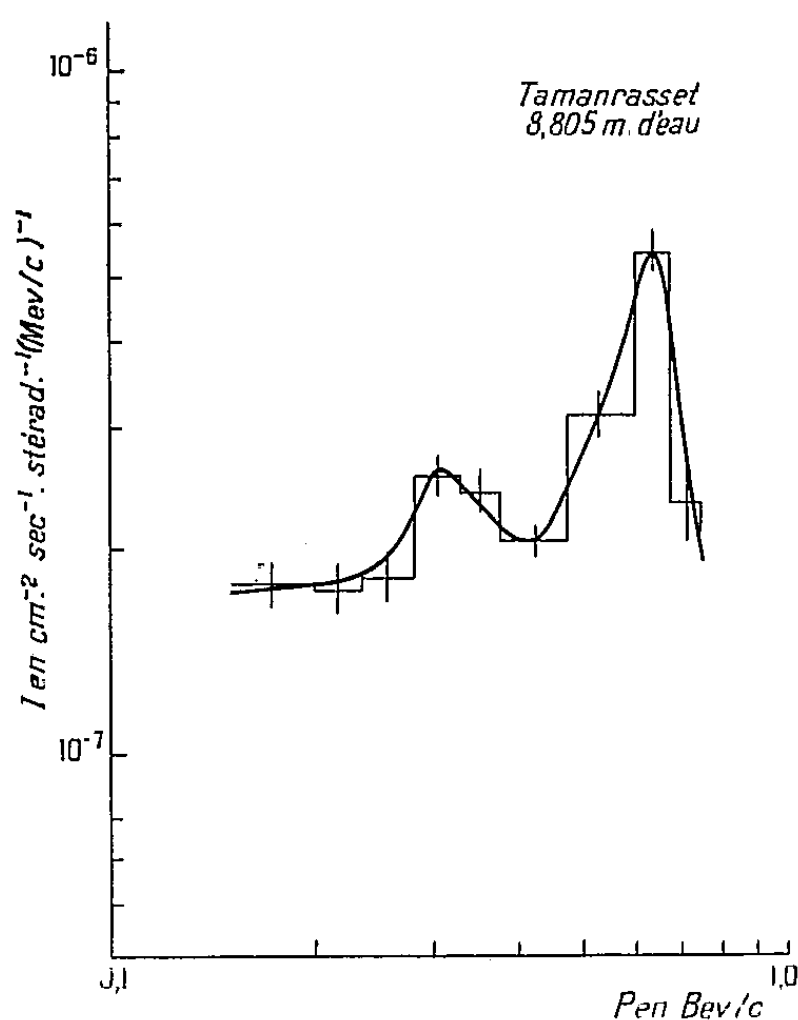


Fig. 1.

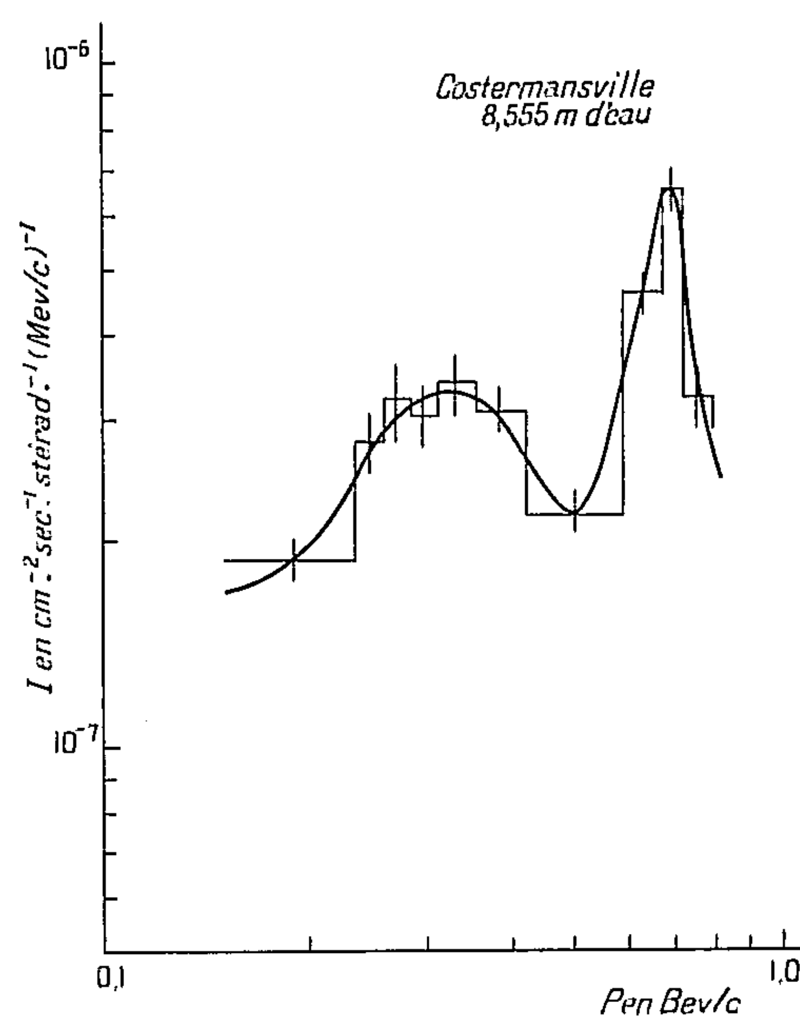


Fig. 2.

moments (P), (tableaux I et II) ont une forme analogue à ce que ([3]) nous avons déjà calculé. Les grandes valeurs de λ pour les protons plus énergiques augmentent leur contribution et les petites valeurs de λ pour les protons de faibles énergies la diminuent. D'après des expériences sur les protons énergiques, le spectre de moment passe par un maximnm et diminue avec une puissance de l'ordre de 3 du côté des grandes énergies. En basse altitude quand l'énergie décroît, les absorptions par ionisation et par interaction deviennent aussi efficaces, le nombre des protons lents diminue rapidement avec l'énergie. La plupart des protons lents sont produits dans l'atmosphère au voisinage du lieu d'observation. L'aplatissement de la répartition zénithale

([6]) E. P. George, *Progress in Cosmic Ray Physics*, 1952, p. 432.

de ces particules et la présence d'un maximum secondaire, dans la région de faible énergie correspondant au maximum (7) des particules sortant des étoiles, justifient cette interprétation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Existence de deux sortes de centres luminogènes infrarouges du cuivre dans le sulfure de cadmium.* Note (*) de MM. **Edmond Grillot** et **Pierre Guintini**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les luminophores SCd (Cu) contiennent deux sortes de centres luminogènes infrarouges avec émission maxima respectivement pour 0,82 et 1,02 μ. L'analogie avec les deux sortes de centres (bleus et verts) du SZn (Cu) apparaît nettement si l'on détermine les énergies de liaison de chacun d'eux par rapport à la bande de valence.

Dans une précédente Note (1), nous avons montré que le sulfure de cadmium pur, activé au cuivre, est un luminophore à émission infrarouge. En plus d'un maximum principal pour 1,02 μ [récemment confirmé par C. F. J. Garlick et M. J. Dumbleton (2)] de sa courbe de répartition énergétique spectrale, nous avions signalé la possibilité de deux maxima secondaires vers 0,85 μ et vers 1,18 μ, pouvant correspondre à d'autres bandes d'émission. Le but de la présente Note est de confirmer l'existence d'une deuxième bande, avec maximum pour 0,82 μ, pouvant devenir prépondérante.

Nous avons en effet préparé une série d'échantillons de SCd(Cu) contenant des quantités croissantes de cuivre, en prenant comme matière première le produit résultant d'une première calcination désulfurante du précipité obtenu par action des ions $S_2O_3^{2-}$ sur les ions Cd^{2+} (3). Le cuivre additionné sous forme d'acétate a été amené à l'état de sulfure, puis la poudre a été calcinée à 900°, pendant 1 h, dans un creuset de quartz brasqué dans du sulfure de cadmium pur. Tous ces échantillons, excités en lumière de Wood, manifestaient une importante fluorescence infrarouge. Cependant, les courbes respectives de répartition énergétique spectrale montrent que, dans ces conditions, le maximum principal à 1,02 μ ne se retrouve que pour les faibles teneurs en cuivre (courbes 1 et 2). Par contre, pour les teneurs relativement fortes, l'émission a lieu principalement dans le proche infrarouge, avec maximum pour 0,82 μ. La première bande n'est alors plus que pressentie par la forme non gaussienne des courbes 4 et 5 et disparaît dans la courbe 6. Enfin,

(7) G. Belliboni et B. Vitale, *Nuovo Cimento*, 10, 1953, p. 72.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

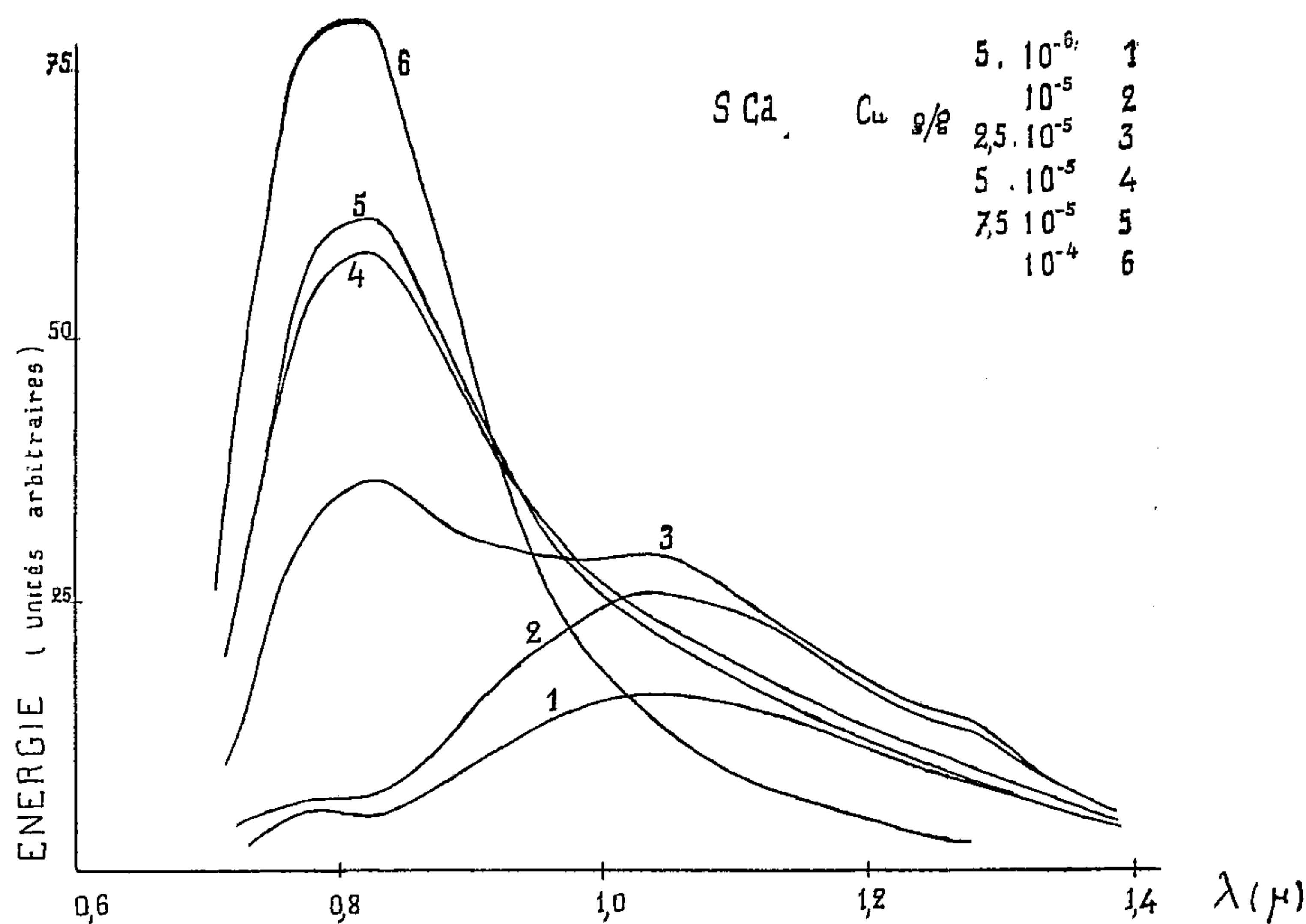
(1) E. Grillot et P. Guintini, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 802.

(2) *Conference on Luminescence*, Cambridge, 1954 et *Proc. Phys. Soc.*, B, 68, 1954, p. 496.

(3) E. Grillot, *Bull. Soc.*, 19, 1951, p. 39.

les deux bandes apparaissent simultanément, d'une façon nette et avec des intensités comparables, pour des teneurs moyennes de cuivre (courbe 3).

Cette influence de la concentration de l'impureté luminogène cuivre dans le sulfure de cadmium rappelle celle, observée par S. Rothschild ([4]) dans le sulfure de zinc. Cependant, comme dans ce dernier ([5]), il s'agit probablement d'une influence indirecte. En modifiant notre mode de préparation, nous avons pu en effet obtenir des échantillons pour lesquels, pour une même concentration de cuivre, le rapport des intensités des deux bandes infrarouges varie fortement.



Nous poursuivons actuellement notre étude pour tenter de préciser la cause première du phénomène de passage d'une bande à l'autre.

Quoi qu'il en soit, la grande analogie de comportement des luminophores à base de sulfure de zinc ou à base de sulfure de cadmium semble encore plus poussée que nous ne l'avions indiqué ([1]) puisque, dans les uns comme dans les autres, le cuivre est susceptible de former deux sortes bien distinctes de centres luminogènes. L'analogie des centres eux-mêmes semble, ici encore, apparaître nettement par la détermination des énergies de liaison de chacun d'eux par rapport à la bande de valence. On trouve en effet :

— 0,91 eV pour les centres à émission bleue de SZn(Cu) et 0,92 eV pour ceux à émission de proche infrarouge (maximum 0,82 μ) de SCd(Cu);

([4]) *Transactions of the Faraday Soc.*, 42, 1946, p. 635.

([5]) E. Grillot, *J. Chim. Phys.*, 50, 1953, p. 515.

— 1,33 eV pour les centres à émission verte de $SZn(Cu)$ et 1,21 eV pour ceux à émission infrarouge plus lointaine (maximum 1,02 μ) de $SCd(Cu)$.

Ces deux sortes de centres luminogènes produits par le cuivre semblent d'ailleurs exister encore, d'une part dans les sulfures mixtes de cadmium et de mercure activés au cuivre et d'autre part dans le séléniure de cadmium activé au cuivre. Les courbes d'émission de ces luminophores infrarouges publiées récemment ([2]) manifestent en effet toutes, à côté du maximum principal, un maximum secondaire de plus courte longueur d'onde, mieux observable d'ailleurs à basse température où les transferts d'énergie d'un centre à l'autre sont moins importants.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur deux systèmes binaires du tétradécane.* Note (*) de MM. **Alfred Maillard** et **Robert Salzgeber**, présentée par M. Louis Hackspill.

Il a été montré que le système binaire tétradécane-pentadécane est du type solution solide et que le système tétradécane-benzène est du type eutectique. Une étude réfractométrique de ces mêmes mélanges binaires a été faite.

Dans la série homologue des alcanes normaux, on s'est jusqu'à présent surtout attaché à l'étude de systèmes binaires solides à la température ambiante, donc à nombre d'atomes de carbone supérieur à seize.

Le travail faisant l'objet de cette Note se rapporte à l'étude de quelques systèmes liquides à la température ambiante, tel en particulier le système tétradécane-pentadécane.

Comme nous nous attachons par ailleurs à l'étude du comportement de cette même série homologue avec d'autres hydrocarbures non aliphatiques, nous avons été conduits à étudier aussi le système benzène-tétradécane.

Enfin, vu le manque de données relatives aux variations de l'indice de réfraction avec la composition des mélanges, nous avons effectué en même temps une étude réfractrométrique à température constante de ces mêmes produits.

L'étude entreprise a été faite sur des hydrocarbures soigneusement purifiés et grâce à un dispositif d'analyse thermique semblable à celui utilisé par W. M. Smit ([1]) auquel nous avons apporté les légères modifications nécessaires à l'extension aux températures inférieures à 10° C.

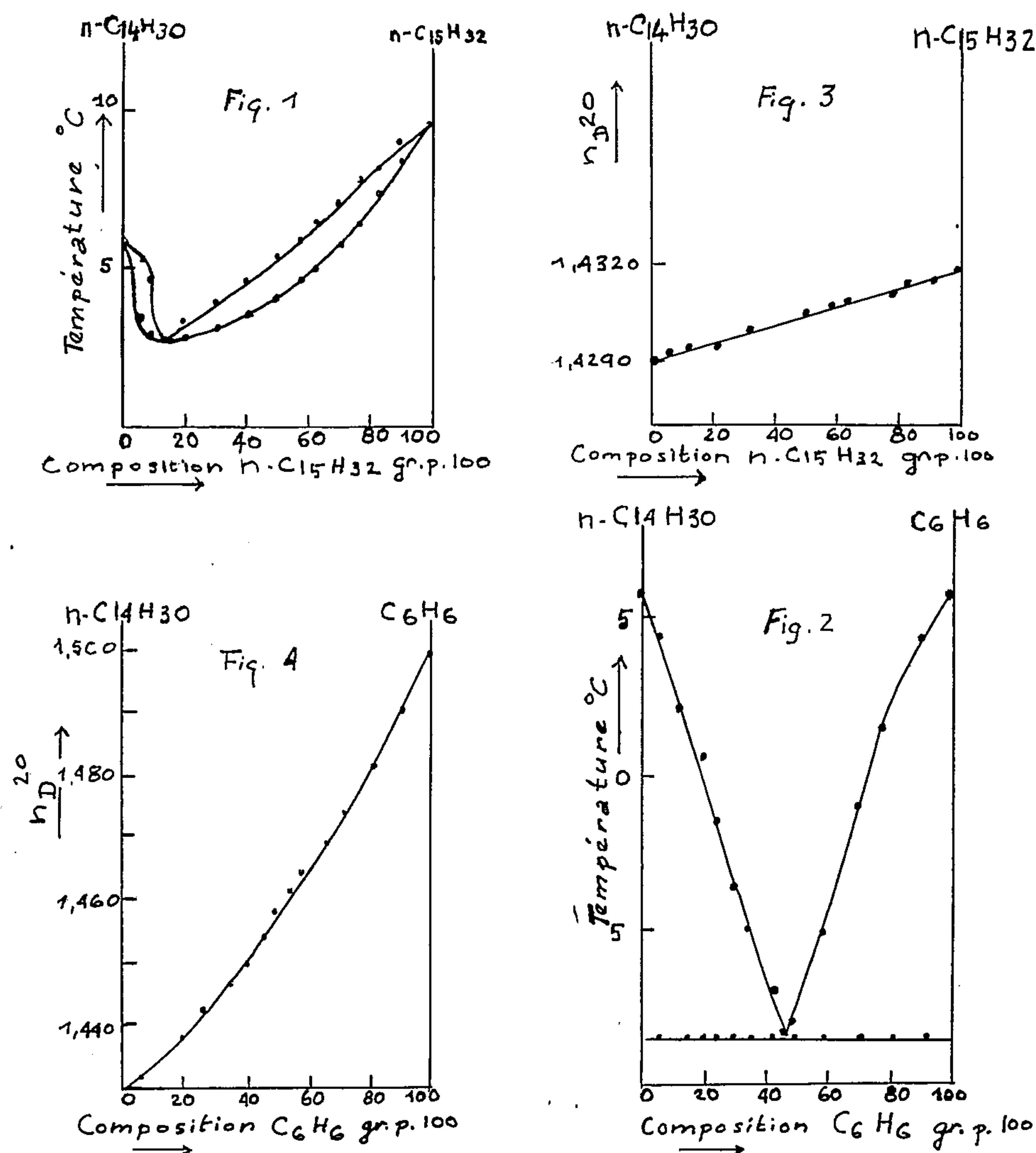
A. *Système tétradécane-pentadécane.* — Nous avons préparé le tétradécane par synthèse de Wurtz ([2]) à partir de bromure d'heptyle soigneusement frac-

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) *Thèse* « Vrije Universiteit », Amsterdam.

([2]) A. I. Vogel, *J. Chem. Soc.*, 1946, p. 133.

tionné. Pour la purification le tétradécane ainsi obtenu a été soumis à des lavages répétés à l'acide sulfurique concentré et froid (30 à 40 lavages) jusqu'à obtention d'une couche acide incolore. Après lavage à l'eau et au carbonate de sodium, le produit séché et rectifié dans une colonne à douze plateaux théoriques présentait encore une courbe de fusion correspondant à un corps impur.



Nous avons cependant obtenu un produit de pureté suffisante (99,7 % minimum) par cristallisations et fusions fractionnées.

Le pentadécane a été obtenu par « hydrogénolyse » de l'alcool hexadécylique ([3]). La purification de ce produit a été effectuée comme pour le tétradécane.

Les résultats des mesures qui sont représentés par la figure 1 montrent

([3]) ADKINS et WOJCIK, *J. Amer. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 1293.

qu'on a affaire à un système binaire du type solution solide, avec un minimum se situant aux environs de 12 % de pentadécane, et à une température d'environ 3° C.

B. *Système tétradécane-benzène.* — Le benzène utilisé dans cette étude est un benzène « Prolabo R. P. » purifié par distillations et recristallisations et fusions fractionnées. La pureté de ce produit est du même ordre que celle des autres hydrocarbures utilisés (99,7 % minimum). Les résultats des mesures qui sont représentés par la figure 2 montrent qu'on a affaire à un système binaire du type eutectique. Ce dernier fond à environ (— 8°,4) et correspond à une composition de 47,7 % de benzène.

C. *Étude réfractométrique.* — Parallèlement à l'analyse thermique, nous avons effectué la détermination des indices de réfraction à la température de 20°± 0,05. Les résultats de ces mesures, effectuées avec un réfractomètre Abbe, sont représentés par les figures 3 et 4.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Possibilités du dosage de l'oxygène par réaction* (γ, n) *à l'aide d'un bétatron.* Note (*) de MM. **Robert Basile, Jacques Huré, Pierre Lévêque** et **Claude Schuhl**, présentée par M. Francis Perrin.

Les réactions (γ, n) permettent de doser rapidement l'oxygène dans les produits organiques et dans divers produits inorganiques sans détruire l'échantillon, et avec une sensibilité de quelques millièmes. La méthode peut être étendue à l'azote et au carbone.

Le problème du dosage direct de l'oxygène se pose spécialement pour les corps organiques et pour les métaux. Pour les corps organiques on procède habituellement par différence. Dans le cas des métaux, il est important de pouvoir détecter de faibles quantités d'oxydes, celles-ci modifiant leurs propriétés mécaniques; le dosage chimique nécessite des opérations longues et délicates.

Les méthodes d'analyse par activation sont souvent intéressantes par leur rapidité et par la non-destruction de l'échantillon. Sue [1] a suggéré l'activation résultant du bombardement de l'oxygène par des deutérons : $^{17}O(d, n)$ ^{18}F (période 112 mn; β^+ d'énergie 0,65 MeV). Cette méthode ne permet qu'une analyse superficielle à cause du faible parcours des deutérons dans la matière.

Nous décrirons l'activation par des rayons X de grande énergie par la réaction $^{16}O(\gamma, n)^{15}O$ (période 118 s; β^+ d'énergie 1,68 MeV). Les rayons X doivent avoir une énergie supérieure à 15,6 MeV, seuil de la réaction. La grande pénétration de tels rayons X et le parcours important des β^+ de 1,68 MeV

(*) Séance du 5 juillet 1954.

(1) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1696.

($0{,}75\ g/cm^2$ soit 2,8 mm dans Al) permettent d'obtenir une analyse plus profonde.

Nous avons utilisé le bétatron du Commissariat à l'Énergie atomique, bétatron Allis-Chalmers, situé à l'Institut G. Roussy de Villejuif, dont le rayonnement X a une énergie maximum allant jusqu'à 24 MeV.

A 1 m de l'origine du faisceau, la dose reçue est d'environ 100 « rœntgen Victoreen » par minute (²) pour une énergie maximum de 22 MeV. Elle tombe à 10 r/mn pour 10 MeV.

Le tableau I résume les principales caractéristiques des réactions photonucléaires pouvant avoir lieu sur le carbone, l'azote et l'oxygène ainsi que les radioéléments obtenus. Les réactions (γ, n) sur les autres isotopes ainsi que les réactions (γ, p) possibles aboutissent, soit à des noyaux stables, soit à des noyaux radioactifs mais de périodes non gênantes, c'est-à-dire soit très longues, soit très courtes.

TABLEAU I.

Cible.	Radio-élément produit.	Période (mn).	Nature et énergie du rayonnement (MeV).	Seuil énergétique de la réaction (MeV).
^{12}C	^{11}C	20	β^+ 0,98	18,77
^{14}N	^{13}N	10	β^+ 1,25	10,55
^{16}O	^{15}O	2,1	β^+ 1,7	15,50

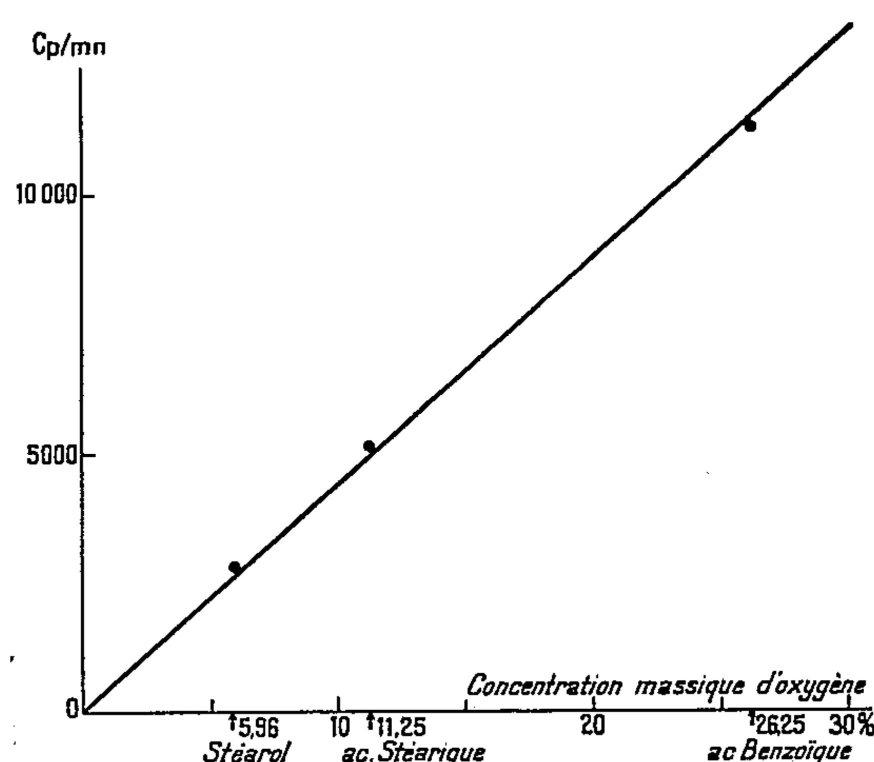
Les irradiations dont nous rendons compte ont été faites à 20 cm de l'origine du faisceau pour les corps organiques et à 40 cm pour les métaux, ces derniers perturbant le champ magnétique de l'électroaimant. Elles durent 4 mn et s'effectuent à intensité maximum. L'énergie maximum du faisceau est 18,6 MeV pour les corps organiques afin d'éviter l'activation du carbone et de 22 MeV pour les métaux. Chaque échantillon est irradié en même temps qu'une lamelle de quartz qui sert de moniteur.

Étalonnage du dispositif pour l'oxygène dans les corps organiques. — Nous utilisons, pour étalonner notre dispositif, des échantillons de corps organiques de composition chimique bien déterminée : le stéarol (5,96 % d'oxygène), l'acide stéarique (11,25 % d'oxygène) et l'acide benzoïque (26,25 % d'oxygène). Les échantillons sont préparés, par moulage sous pression, sous forme de disques de diamètre $\Phi = 25$ mm et d'épaisseur $e = 2$ à 3 mm. Leur masse est toujours voisine de 2,5 g ce qui donne des corrections d'autoabsorption et de géométrie peu variables d'un échantillon à l'autre. La figure 1 représente l'activité en coups par minute à la fin de l'irradiation, rapportée à une masse de 2,5 g, en fonction de la concentration massique d'oxygène. Dans les condi-

(²) Pour plus de détails sur le sens de cette unité, *cf.* L. KATZ et A. G. W. CAMERON, *Can. J. Phys.*, 29, 1951, p. 518.

tions expérimentales utilisées et en effectuant nos comptages avec des compteurs cloches, il est possible d'identifier la période de l'oxygène avec un comptage initial de 100 cps/mn ce qui représente une sensibilité de 0,2 à 0,3 %.

Cas des métaux. — Le dosage n'est possible dans ce cas que si les réactions nucléaires sur le métal étudié ne créent que des corps radioactifs de périodes supérieures à plusieurs heures ou inférieures à 10 s. Des essais ont été effectués avec BeO et Al_2O_3. Pour pouvoir négliger les corrections de géométrie et d'autoabsorption, il faut comparer l'échantillon à étudier avec un étalon de mêmes dimensions. Ainsi, dans le cas de l'aluminium, notre étalon était un mélange $Al + Al_2O_3$ à 9 % d'alumine (soit 4,2 % d'oxygène), de dimensions : diamètre $\Phi=25$ mm, épaisseur $e=3$ mm. Nous comptions 7 800 cps/mn à la fin



de l'irradiation. Si l'on admet qu'il est nécessaire d'obtenir un taux de comptage de 150 cps/mn pour pouvoir éliminer la période de 6,5 s de $^{26}_{13}Al$ il apparaît que la sensibilité de détection de l'oxygène dans l'aluminium est d'environ 0,1 %.

Conclusions. — Les quelques résultats obtenus nous permettent de conclure que le dosage de l'oxygène dans la masse d'un échantillon est possible par réaction (γ, n). Il nous paraît qu'il serait également possible de doser l'azote et le carbone dans les corps organiques. La sensibilité de la méthode peut être augmentée en utilisant une surface de comptage plus grande.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation du pentabromure d'uranium.*

Note (*) de M. **Jacques Prigent**, présentée par M. Louis Hackspill.

L'action du tétrabromure de carbone sur l'oxyde d'uranium (VI) en tube scellé conduit dans certaines conditions à la préparation du pentabromure d'uranium. Le bromure de carbonyle réagit dans les mêmes conditions et donne également le penta-

(*) Séance du 26 juillet 1954.

bromure d'uranium, composé peu stable, qui perd du brome par chauffage et donne naissance au tétrabromure d'uranium.

Dans une Note précédente ([1]), nous mettions en évidence la formation de pentabromure d'uranium UBr_5, mélangé à de l'oxybromure $UOBr_3$. Dans le but de préparer le pentabromure à l'état pur nous avons fait une étude systématique de l'action du tétrabromure de carbone liquide sur l'oxyde d'uranium UO_3 en tube scellé. Dans une série d'expériences, nous avons fait varier : la température, la durée de la réaction, les proportions relatives de tétrabromure et d'oxyde, le volume du tube scellé. Nous avons obtenu un produit solide pour lequel l'uranium présente toujours un degré d'oxydation égal à 5; par contre le rapport brome-uranium dépend essentiellement des conditions expérimentales; il est généralement inférieur à 5, mais on s'en approche au maximum en opérant de la façon suivante : température : 126° C; durée de chauffe : 2 h; proportions : 3 CBr_4 pour 1 UO_3, en partant de tétrabromure, séché sous vide en présence d'anhydride phosphorique, et d'oxyde finement pulvérisé et déshydraté sous vide à 400° C; enfin le volume intérieur du tube scellé doit être minimum. On utilise un tube à essai en verre pyrex de 3 mm d'épaisseur et de 5 mm de diamètre intérieur, dans lequel on place les deux réactifs à l'état solide. On fait fondre le tétrabromure de carbone, puis on refroidit le mélange à 0° C, et on scelle le tube dans le plus petit volume possible. Le tube entouré d'une gaine étanche en acier, est chauffé à température constante dans un four électrique. La réaction terminée, la gaine est refroidie dans l'eau glacée. Le tube scellé est ensuite plongé dans de l'air liquide et ouvert au chalumeau gaz-oxygène avec les précautions habituelles.

On projette les produits obtenus sur la plaque en verre fritté d'un tube à filtration où l'on maintient un courant d'azote sec. Le tétrabromure de carbone en excès est éliminé au moyen de sulfure de carbone; l'excès de ce solvant est enfin évaporé sous vide.

Un poids déterminé du solide microcristallin brun noir, hygroscopique, ainsi obtenu est dissous dans l'eau où il est totalement soluble. Dans cette solution on dose pondéralement le brome et l'uranium et volumétriquement l'uranium au moyen des sels ferriques titrés, comme il a été fait pour l'oxybromure d'uranium pentavalent ([2]). On trouve ainsi : un rapport stœchiométrique brome-uranium égal à 4,93 ($\pm$ 0,03) pour un degré d'oxydation égal à 5 (à $\pm$ 1 % près).

La somme des poids d'uranium et de brome trouvés par l'analyse donne le poids du composé de départ à 1 % près, par défaut. L'analyse quali-

---

([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 104.

([2]) J. Prigent, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 710.

tative n'a révélé dans le solide ni oxygène (provenant d'un peu d'oxybromure d'uranium), ni oxyde de carbone (provenant de bromure de carbonyle).

L'action du tétrabromure de carbone sur l'oxyde d'uranium UO_3 en tube scellé conduit donc au pentabromure d'uranium; nous avons vu qu'en opérant sous courant d'azote à une pression de 1 atm, il se forme l'oxybromure d'uranium pentavalent ([2]). Dans ce dernier cas le bromure de carbonyle qui prend naissance au cours de la réaction distille ou se décompose partiellement, et échappe au milieu réactionnel. En tube scellé, au contraire, le bromure de carbonyle reste à l'état liquide au contact des produits de la réaction. Nous croyons que ce composé est, après le tétrabromure de carbone, le deuxième agent bromurant réducteur qui convertit l'oxybromure d'uranium (V) en pentabromure d'uranium. Nous avons pu montrer en effet que le bromure de carbonyle transforme directement l'oxyde d'uranium UO_3 en pentabromure d'uranium : on distille du bromure de carbonyle, préparé par la méthode de von Bartal ([3]) dans un tube contenant l'oxyde UO_3, refroidi par l'air liquide. Le tube est ensuite scellé et traité comme dans les expériences précédentes. On obtient encore du pentabromure d'uranium.

L'action du bromure de carbonyle liquide sur l'oxyde UO_3 en tube scellé constitue donc une deuxième méthode de préparation du pentabromure d'uranium; elle ne présente guère d'avantage sur la première, mais elle se fait à des températures encore plus basses. Par contre, la préparation du bromure de carbonyle est délicate; ce produit est toxique et sensible à l'humidité. Il semble que le bromure de carbonyle constitue un agent de bromuration encore plus énergique que ceux que nous avons étudiés ([4]).

Le bromure d'uranium (V) est assez peu stable à l'air et à une élévation de température : un poids déterminé de ce composé placé dans un tube Pyrex, traité à température croissante dans un courant d'azote pur et sec, se décompose à partir de 95° C de manière appréciable; à 200° C la décomposition est totale; le brome libéré est retenu par de la potasse solide; on constate qu'une molécule UBr_5 perd 1 atome de brome. Il reste du tétrabromure d'uranium qui peut effectivement être distillé à 600° C puis soumis à l'analyse; le tube Pyrex ne contient aucun résidu. Cette décomposition constitue une confirmation de la formule attribuée au composé à savoir : UBr_5. Ce bromure n'avait pu encore être préparé, à notre connaissance, malgré les essais de certains chercheurs ([5]).

([3]) Von Bartal, *Liebig's Ann.*, 345, 1906, p. 334.

([4]) R. Rohmer et J. Prigent, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 665.

([5]) W. Biltz et H. Muller, *Z. anorg. Chem.*, 163, 1927, p. 295.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques réactions du cyclopentyl-4 cyclohexène et de la cyclopentyl-4 cyclohexanone*. Note (*) de M. **Max Mousseron** et Mme **Magdeleine Mousseron-Canet**, transmise par M. Marcel Delépine.

Les cyclopentyl-4 cyclohexanols ainsi que les cyclopentyl-4 cyclohexylamines stéréoisomères ont été isolées; la désamination nitreuse de ces dernières a été étudiée et conduit à une réaction d'élimination et de substitution. La déshalogénation de la cyclopentyl-4 chloro-3 cyclohexanone donne un acide cyclopentanique; diverses réactions concernant le cyclopentyl-4 cyclohexène ont été envisagées.

La condensation du phénol et du cyclopentadiène en présence d'acide phosphorique ([1]) donne deux phénols substitués *o* et *p* séparables par distillation fractionnée : *o*-cyclopenténylphénol $\text{É}_{0,1}$ 90°, *p*-cyclopenténylphénol $\text{É}_{0,1}$ 100°.

L'hydrogénation du *p*-phénol sur Ni Raney à 200° sous 200 K conduit au cyclopentyl-4 cyclohexanol (I) *cis* et *trans* scindé en deux stéréoisomères sous forme de *p*-nitrobenzoates, l'un F 115° représentant 90 %, l'autre F 95°. Notons que les proportions des stéréoisomères sont sensiblement modifiées en sens inverse lors de l'hydrogénation sur platine Adams, sous pression normale, de la cyclopentyl-4 cyclohexanone (II).

La déshydratation de (I) par le bisulfate de potassium fournit le cyclopentyl-4 cyclohexène (IV) qui, oxydé par le permanganate de potassium, donne l'acide cyclopentyl-3 adipique.

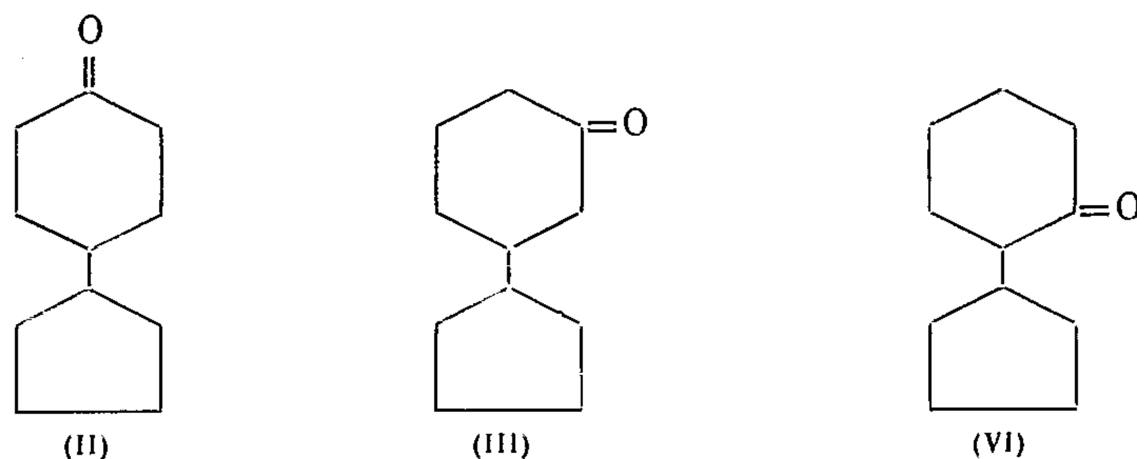
L'action du N-bromo succinimide sur (IV) conduit en majeure partie au bromo-6 cyclopentyl-4 cyclohexène (V) à côté d'une petite quantité de bromo-3 cyclopentyl-4 cyclohexène. En effet, les dérivés bromés obtenus traités par l'acétate d'argent en milieu acétique ont donné un mélange de dérivés acétylés cycléniques qui par réduction suivie d'une saponification et d'une oxydation chromique conduisent à un mélange de cétones saturées, constitué presque en totalité par une cétone D.N.P. F 172° différente de (II) D.N.P. F 142° et différente de la cyclopentyl-2 cyclohexanone (VI) D.N.P. F 157°. La D.N.P. F 172° correspond donc à la cyclopentyl-3 cyclohexanone (III) accompagnée d'une petite quantité de (VI).

Par saponification du dérivé acétylé cyclénique et oxydation chromique du cyclénol obtenu, la cyclopentyl-3 cyclohexène-5 one (VII) D. N. P. rouge F 102° a été isolée. L'examen du spectre ultraviolet de ce dernier composé montre que l'on se trouve en présence d'une cétone éthylénique β substituée :

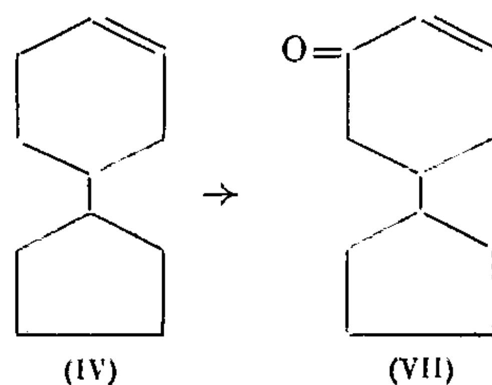
(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) A. Bader, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 5967.

λ_{max} 376 mμ, log ε 4,43 dans l'alcool et λ_{max} 382 mμ, log ε 4,43 dans le chloroforme ([2]).



L'action de l'anhydride sélénieux sur (IV) en milieu toluénique donne un cyclénol, oxydé en cyclénone (VII).



L'action de l'acide performique sur (IV) permet d'isoler le diol *trans* correspondant F 100-101°, déshydraté par SO_4H_2 10 % en cyclopentyl-3 méthylalcyclopentane. D. N. P. F 175-176° et F 120-122°.

L'action du bromure de méthylmagnésium sur (II) donne le cyclopentyl-4 méthyl-1 cyclohexanol F 65° se déshydratant par le bisulfate de potassium en cyclopentyl-4 méthyl-1 cyclohexène, celui-ci traité par l'acide performique fournit un diol qui, par l'acide sulfurique donne la cyclopentyl-4 méthyl-1 cyclohexanone-2 D. N. P. F 148°.

La cyclopentyl-4 cyclohexanone se chlore en chloro-2 cyclopentyl-4 cyclohexanone qui traitée par le méthylate de sodium conduit ayec régression de cycle à l'acide cyclopentyl-3 cyclopentane carboxylique, S-benzylthiouronium F 155°.

Traitée par le diazométhane, la cyclopentyl-4 cyclohexanone fournit avec un bon rendement la cyclopentyl-4 cycloheptanone, D. N. P. F 137-138°. Parallèlement la cyclohexyl-4 cyclohexanone D. N. P. F 137° donne dans les mêmes conditions la cyclohexyl-4 cycloheptanone.

Par amination catalytique de la cyclopentyl-4 cyclohexanone on parvient aux amines stéréoisomères séparées par l'intermédiaire de leurs dérivés benzoylés F 198-199 et 122-123°, le premier étant prépondérant (90 %); parallèlement la réduction des oximes sur Ni Raney conduit aux deux amines stéréoi-

([2]) R. Jacquier et G. Rouzier, *Bull. Soc. Chim. France*, (5), 1954, p. 716.

somères. Par diméthylation on sépare les picrates F 144 et 180° (prépondérant) des N-diméthylamino-4 cyclopentyl cyclohexanes. Il a été procédé à la désamination nitreuse des deux amino-4 cyclopentyl-1 cyclohexanes; on obtient ainsi 80 % d'alcool de substitution *p*-nitrobenzoate F 115° et 20 % de cyclopentyl-4 cyclohexène. Selon la théorie de Hassel (³) l'amino-4 cyclopentylcyclohexane *cis* devrait conduire à la *trans*-élimination avec formation de carbure; vraisemblablement le dérivé benzoylé F 198° correspond à l'amine *trans* et le *p*-nitrobenzoate F 115° au cyclopentyl-4 cyclohexanol *trans*.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Structure d'une nouvelle variété de ferrite de sodium* ($FeNaO_2$). Note (*) de MM. **Félix Bertaut** et **Pierre Blum**, présentée par M. Charles Mauguin.

Le ferrite de Na rhomboédrique $FeNaO_2$-α a la structure bien connue de $NaHF_2$ (¹). Fe^{+++} et Na^{+} y ont des coordinations *octaédriques*. Dans cette Note nous décrivons une nouvelle variété (²) orthorhombique $FeNaO_2$-β dans laquelle Fe^{+++} et Na^{+} ont des coordinations *tétraédriques*.

Le produit sous forme d'aiguilles rougeâtres d'axe c a les paramètres $a = 5{,}672$, $b = 7{,}316$ et $c = 5{,}377$ Å. La densité calculée pour quatre unités $FeNaO_2$ dans la maille est $D = 3{,}36$. L'expansion de volume ($V_{mol}\,\alpha = 42{,}2$ Å³; $V_{mol}\,\beta = 54{,}4$ Å³) est considérable (29 %). Les extinctions —$(0kl)$ n'existe qu'avec $k + l = 2n$, $(h0l)$ n'existe qu'avec $h = 2n$ — caractérisent les groupes D_{2h}^{16}-P*nam* et C_{2v}^{9}-P*na*. En projection suivant c, les deux groupes se comportent de la même manière. Pour construire cette projection (centrosymétrique), nous avons utilisé trois méthodes : 1° la technique de la fonction de Patterson « symétrisée » (³); 2° la détermination des signes des facteurs de structure par les inégalités de Harker et Kasper (⁴) et 3° par la technique de l'atome lourd. Le résultat a été exactement le même : on ne trouve que deux pics dans l'unité asymétrique (*fig.* 1). Cela signifie que les atomes d'oxygène sont sensiblement superposés aux atomes métalliques. Les positions de tous les atomes ont alors obligatoirement la multiplicité 4.

Comme dans les séries de réflexions (hkl) à h et k fixes et l variable on cons-

(³) Hassel et Ottar, *Acta Chem. Scand.*, 1947, p. 929.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(¹) S. Goldsztaub, *Bull. Soc. Fr. Min.*, 58, 1935, p. 6 à 76 et *Struktuber*, III, 1933-1935, p. 392.

(²) Elle a été découverte par M. le Professeur M. Dodero et M. Déportes qui nous ont confié l'étude de la structure.

(³) F. Bertaut, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1320. et *Bull. Soc. Fr. Min.*, 75, 1952, p. 401.

(⁴) *Acta Crystallographica*, 1, 1948, p. 70.

tate de nombreuses extinctions non systématiques, la position des atomes doit dépendre d'un paramètre z. Cela élimine le groupe D_{2h}-P*nam*. Guidés par des

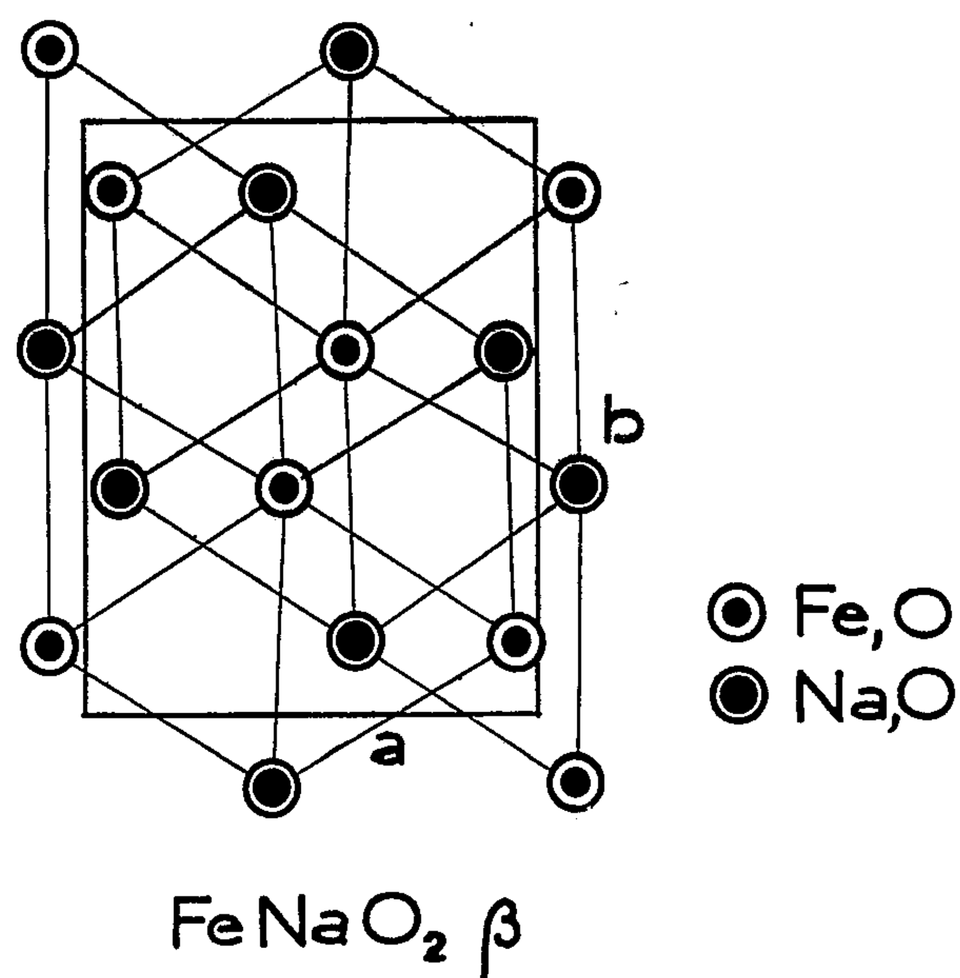


Fig. 1.

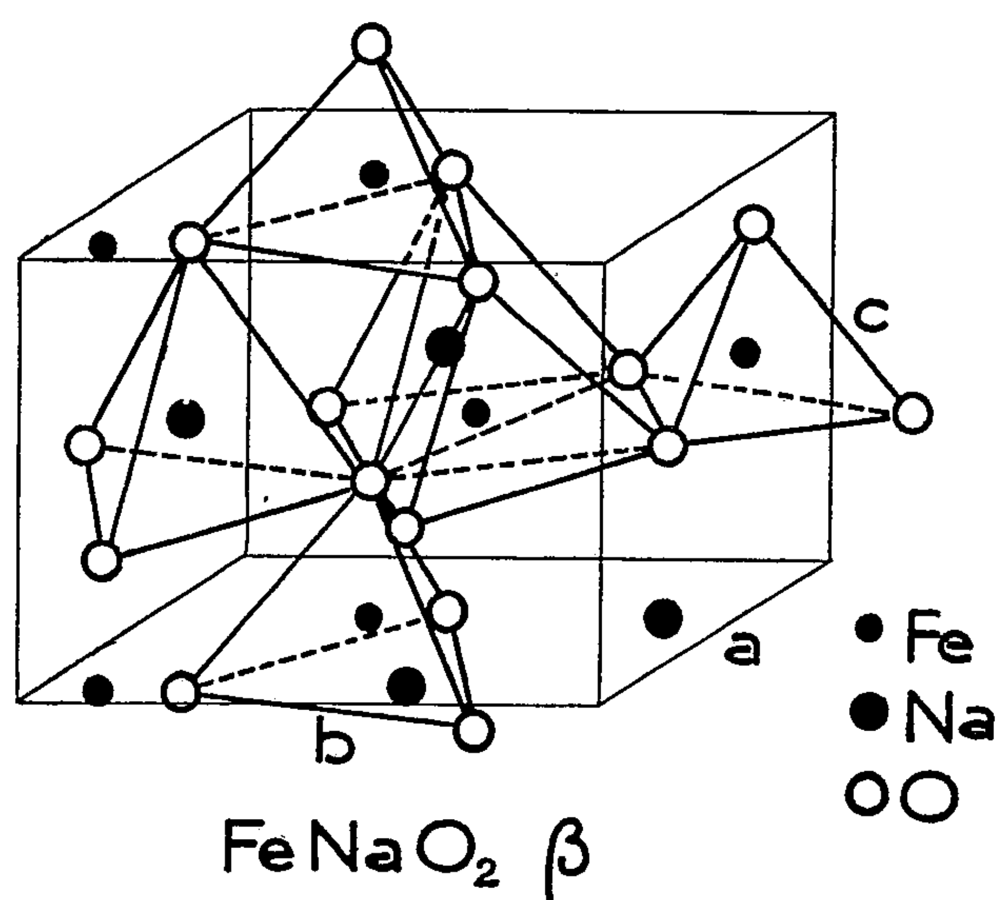


Fig. 2.

considérations stériques et la présence de nombreuses extinctions non systématiques, nous avons abouti grâce à la méthode d'erreur et essai à un premier ensemble de coordonnées, déjà en bon accord avec les intensités observées.

Toutes les positions sont en $4a$) C_{2v}^{9}-Pna, Fe en ($x = 0,075$; $y = 0,128$; $z = 0,0$) Na en (0,40; 0,135; 0,5), O_I en (0,05; 0,10; 0,33) et O_{II} en (0,38; 0, 125; -0,10).

Dans la structure, les atomes d'oxygène forment un paquetage hexagonal perturbé. Les tétraèdres où logent les ions de Fe et Na n'ont que des sommets, mais pas d'arêtes en commun. C'est ici que réside l'explication de la considérable expansion en volume, car dans la variété α les polyèdres de coordination ont des arêtes communes. Chaque atome d'oxygène a deux voisins de Fe et deux de Na de sorte que la règle de Pauling est bien vérifiée.

La stabilité de la phase β sera étudiée ultérieurement.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude radiocristallographique des transformations allotropiques induites par la pression.* Note (*) de MM. Louis Guengant et Boris Vodar, présentée par M. Gaston Dupouy.

Une étude radiocristallographique sous pression est le moyen le plus sûr pour déterminer la structure des phases ayant subi une transformation réversible.

R. B. Jacobs (1) a été le premier à publier des diagrammes de poudre sous des pressions de 5 000 atm; il utilisait une chambre placée dans un récipient en acier rempli d'hélium; cette excellente méthode exige un matériel important. Aussi a-t-on cherché à comprimer seulement la poudre sans mettre toute la chambre sous pression. La première tentative, due à W. M. Cohn (2) ne semble pas avoir donné de résultats. L. K. Frevel (3) a utilisé un tube capillaire en silice. A. Muller (4) a mesuré des compressibilités de paraffines jusqu'à 1 500 atm et même au delà, grâce à des réservoirs capillaires obtenus par cuisson de bakélite chargée en poudre de béryllium. A. W. Lawson et N. A. Riley (5) ont repris la même méthode mais avec un réservoir en béryllium métallique massif; ayant choisi du béryllium fondu à gros grains afin de réduire le nombre des taches dues au récipient, ils ont obtenu des diagrammes jusqu'à 15 000 atm mais il semble, d'après les documents publiés, que la diffraction par le récipient était encore fort gênante. A. W. Lawson et T. Y. Tin Yuan Tang (6) ont ensuite employé des réservoirs en béryllium monocristallin qu'ils paraissent

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) *Phys. Rev.*, 54, 1938, p. 325.

(2) *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 326.

(3) *Rev. Sc. Instr.*, 6, 1935, p. 214.

(4) *Proc. Roy. Soc.*, 178, 1941, p. 227.

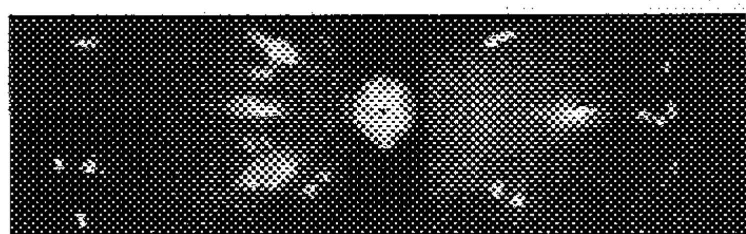
(5) *Rev. Sc. Instr.*, 20, 1949, p. 763.

(6) *Rev. Sc. Instr.*, 21, 1950, p. 815.

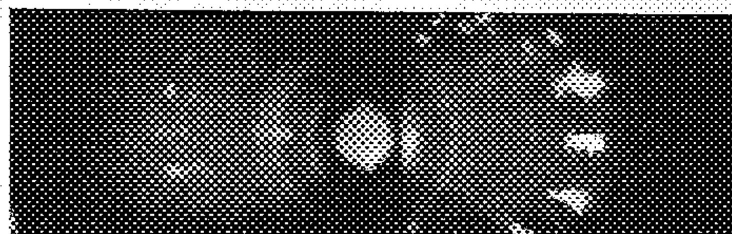
avoir abandonnés au profit d'un assemblage de deux diamants mais sans avoir, à notre connaissance, publié les diagrammes obtenus.

Dans nos travaux, pour des raisons de simplicité mécanique, nous nous sommes fixé, comme premier but, la seconde méthode, celle où seule la poudre est sous pression. Nos essais ont été aussi commencés avec des cylindres en béryllium polycristallin qui nous ont donné des taches très gênantes. Toutefois, pensant que l'emploi du béryllium présente quand même certains avantages dont celui d'une grande transparence, nous nous sommes procuré des monocristaux de béryllium (7) qui ont permis d'obtenir, à des pressions moyennes, des diagrammes très satisfaisants.

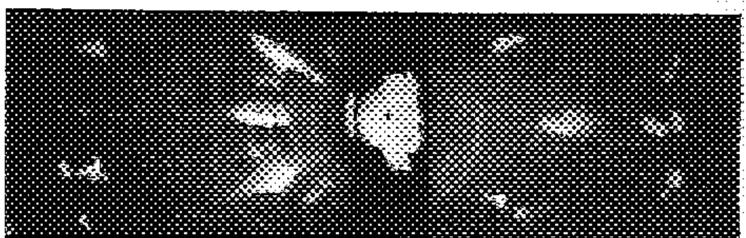
Les cristaux de béryllium sont percés mécaniquement suivant l'axe sénaire; si le perçage est contenu dans le plan de clivage, le cristal éclate



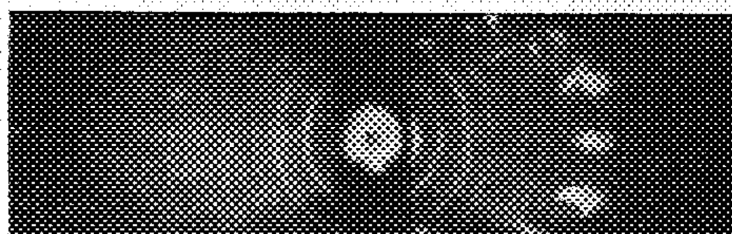
KNO_3 à la pression atmosphérique.



AgI à la pression atmosphérique.



KNO_3 à 4000 kg/cm².



AgI à 4000 kg/cm².

Exemples de transformations.

à la première montée en pression. Le diamètre du perçage est de 0,8 mm, sauf au niveau de la poudre où il est de 0,3 mm. La poudre est comprimée entre deux pistons opposés, poussés chacun par un système à vis et ressort, comprenant deux comparateurs pour la mesure du déplacement du piston et de la compression du ressort. Cette compression permet de connaître, après étalonnage, la poussée sur chaque piston, et par conséquent, la pression entre les pistons, aux frottements près. L'intérêt du montage à deux pistons est de diminuer l'importance de ces frottements et de permettre d'estimer leur ordre de grandeur. Cependant, nous avons trouvé indispensable, de réduire davantage ces frottements en utilisant un bon lubrifiant comme diluant de la poudre à étudier. Le stéarate de zinc a donné de bons résultats à condition que la teneur en soit assez forte, car il semble nécessaire que ses grains forment un réseau continu susceptible de transmettre la pression en se déformant. La pression est limitée par la

(7) Fournis par le M. I. T. grâce au Dr A. R. Kaufmann.

résistance mécanique du beryllium. Nous avons atteint 10 000 atm mais le gonflement a été nettement observable. Cependant, on peut espérer que ce gonflement agit comme un autofrettage. On constate aussi l'élargissement et la multiplication des taches de diffraction. Nous avons surtout utilisé le rayonnement du molybdène, celui du cuivre donnant dans notre cas un contraste insuffisant.

Avec cet appareil, nous avons observé les transformations de AgI et de RbI, déjà étudiées par Jacobs ([1]), ainsi que le passage vers 3 700 kg/cm² de la forme II à la forme IV de KNO_3; dans ce cas, le diagramme de poudre n'est pas suffisant pour déterminer la structure de cette forme transformée. Des recherches sur d'autres transformations et sur les compressibilités des réseaux sont en cours.

GÉOLOGIE. — *Répartition stratigraphique des gisements de Vertébrés dans le Crétacé du Niger.* Note (*) de MM. **Jacques Greigert, François Joulia et Albert-F. de Lapparent**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Au Sud et au Sud-Ouest du massif de l'Aïr se développe largement une série crétacée, tantôt continentale, tantôt marine. Déjà des Vertébrés y avaient été récoltés en quelques localités par les premiers explorateurs. Des recherches plus minutieuses poursuivies par les géologues de la Direction fédérale des Mines et de la Géologie, puis une mission d'ensemble effectuée récemment, permettent d'indiquer de nouveaux points fossilifères importants et d'établir avec plus d'exactitude la position stratigraphique des gisements.

Continental intercalaire. — Un premier grand ensemble continental, correspondant au Crétacé inférieur et moyen, repose en discordance sur les séries précambriennes et paléozoïques de l'Aïr. Or nous pouvons avancer désormais une stratigraphie de ces couches argilo-gréseuses si difficiles à classer.

1° A la base, les « grès d'Agadès », le plus souvent arkosiques, parfois conglomératiques, contiennent des bois silicifiés du type *Dadoxylon*, mais n'ont pas livré jusqu'ici d'autres fossiles.

2° Au-dessus, les « argiles de l'Irazer » ont fourni en plusieurs points des Invertébrés d'eau douce, *Estheria* et *Unio*. En outre, des ossements de grands Sauropodes et des dents de *Ceratodus* s'y rencontrent, tantôt dans les argiles (important gisement d'In Gall), tantôt dans des lentilles gréseuses, comme à Ifayen Ignère, au Mont Gada et au kilomètre 35 sur la piste au sud d'Agadès.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

3° Dans la falaise qui se développe en arc de cercle sur 250 km, au Sud d'Agadès, nous avons reconnu quatre points richement fossilifères : Marandet, Tiguidi, Ebrechko, Soureya; sans compter les fragments d'os répartis un peu partout aux mêmes niveaux, c'est-à-dire, soit au sommet des « argiles de l'Irazer », soit à la base des « grès du Tégama ». On y récolte : de gros os de Sauropodes, des dents de Sauropodes (les premières signalées dans le Sahara), des dents de Théropodes, des dents et des plaques de Crocodiles, des dents de *Ceratodus*, des restes de Poissons divers. Les troncs d'arbres silicifiés sont ordinairement abondants. Les riches gisements d'In Abangarit ([1]) paraissent situés à un niveau équivalent.

4° La partie la plus élevée des « grès de Tégama » ne contient que des bois fossiles au Sud-Est et au Sud d'Agadès. Mais plus à l'Ouest, elle renferme des ossements de Sauropodes et de Théropodes, spécialement abondants au Mont Iguellala. En ce point, des *Unio* en grand nombre sont associés aux Dinosauriens.

Turonien. — Au Damergou, les Vertébrés recueillis antérieurement paraissaient indiquer, les uns du Cénomanien, les autres du Sénonien ([2]). En réalité, d'après nos propres récoltes, tous les Vertébrés du Damergou proviennent des mêmes couches à Ammonites turoniennes; en particulier, dans le meilleur gisement, situé à 4 km au Sud de Tanout, *Ceratodus africanus*, *C. humei*, *Cœlodus plethodon*, *Enchodus lamberti*, *Onchosaurus pharao* se trouvent ensemble. On doit donc dire que tous les Vertébrés du Damergou signalés jusqu'ici appartiennent au Turonien.

D'autre part, le Turonien marin existe encore beaucoup plus à l'Est, aux Monts Maya et Iguellala. Des dentitions de *Cœlodus plethodon* s'y rencontrent fréquemment dans deux niveaux de marnes encadrés par des calcaires à Ammonites turoniennes.

Sénonien. — Un riche gisement de Vertébrés nous a été signalé par M. Roure au Mont Igdaman près Kao, soit à 80 km au Nord de Tahoua. Un banc à nodules phosphatés, de 80 cm d'épaisseur, est formé presque exclusivement de vertèbres et de dents de Poissons et de Crocodiles. Cette couche, liée à des marnes gypseuses à *Rouaireia*, est datée comme maestrichtienne. Dans ces marnes, on trouve d'ailleurs, à plusieurs niveaux, des plaques de grande Tortue. Fait plus intéressant, au-dessous de la couche à vertèbres et dents, il y a de gros os assez frustes d'un Dinosaurien sauropode et aussi des vertèbres qui paraissent indiquer le genre *Titanosaurus*.

Ajoutons qu'à Termeurth, 75 km au Nord-Ouest du Mont Igdaman, l'un de nous (J. G.) a trouvé dans les mêmes niveaux maestrichtiens un métacarpien de grand Sauropode et une portion de tibia de Théropode.

([1]) A.-F. DE LAPPARENT, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1905.
([2]) C. ARAMBOURG, *Bull. Dir. Mines A. O. F.*, 1943, p. 65-67.

Cette localité constitue un relais entre le Mont Igdaman et le gisement à Poissons et Crocodiles de Mentess.

C'est la première fois que des ossements de Dinosauriens sont signalés dans le Sénonien supérieur sur le continent africain.

Conclusion. — On voit désormais qu'après le Soudan ([3]), le Niger à son tour se révèle également riche en gisements de Vertébrés, répartis dans plusieurs niveaux bien précisés du Crétacé.

GÉOLOGIE. — *Sur la géologie de l'Anahef (Ahaggar oriental).* Note (*) de M. **Jacques Blaise**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Dans l'Ahaggar oriental, M. Lelubre ([1]) a donné des indications sur les formations antécambriennes. Lors d'une première mission effectuée dans l'Anahef d'abord sous sa direction, puis seul au cours d'une mission du Service de la Carte Géologique d'Algérie et du Bureau de Recherches Minières d'Algérie, j'ai pu apporter des précisions sur la structure et la nature des formations suggariennes et pharusiennes de cette région. Le secteur que j'ai parcouru est situé entre le 6°30′ et le 8° de longitude Est et entre le 22°50′ et le 24°30′ de latitude Nord ([2]).

Les grandes unités structurales de l'Anahef s'ordonnent en bandes Nord-Sud. Les terrains de l'Anahef occidental se rattachent au bloc suggarien de l'Ahaggar central. Un étroit bassin pharusien Nord-Sud suit la basse vallée de l'oued In Ouahouène et la haute vallée de l'oued Amandarh-Takalous dans la région du Serkout et de Tin Tarabine. Un autre bassin pharusien plus important s'étend dans l'Anahef central. Je n'ai pu encore établir si ces deux bassins sont indépendants ou convergent au Sud-Est de Tin Tarabine; ou bien si le premier est un diverticule de celui de l'Arefsa oriental étudié par M. Lelubre ([1]). Il n'a pas été jusqu'à présent observé de discordance typique entre les deux séries antécambriennes analysées. Cependant, la disposition structurale d'ensemble et les analogies lithologiques justifient l'attribution de ces séries au Suggarien et au Pharusien.

Nous allons étudier d'Ouest en Est ces ensembles structuraux.

1. *Les formations suggariennes de l'Anahef occidental.* — Ce sont des gneiss très migmatisés et présentant le plus souvent le faciès d'injection lit par lit ou œillée. Des granites migmatiques les traversent. On trouve en particulier un granite concordant au

([3]) R. Lavocat et H. Radier, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1100; R. Karpoff, R. Lavocat et S. Rouaix, *C. R. somm. Soc. géol. France*, 1954, n° 2, p. 11.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, 1952, 2e série, n° 22; et *XIXe Congrès Géol. Intern. Monogr. Rég.*, 1952, 1e série, n° 6.

([2]) Croquis Afrique française 1/1 000 000e : feuilles Ft-Charlet et In Azaoua.

cœur d'une large zone anticlinale dans le cours supérieur de l'oued An Emerherou. D'autres granites migmatiques forment des bandes subméridiennes entre les deux bassins pharusiens de l'Anahef. Ils sont recoupés par de petits massifs de granite intrusif probablement pharusiens.

La tectonique de ces formations consiste en plis assez réguliers avec de larges structures synclinales et anticlinales.

Des phénomènes d'âge pharusien ont intéressé ce Suggarien principalement dans la région du Serkout : des granites récents le traversent; des accidents cassants s'y traduisent par des zones mylonitiques orientées Nord-Sud; enfin de nombreux filons de quartz, microgranites et microdiorites le recoupent.

2. *Le bassin pharusien de l'Anahef occidental.* — Il est constitué de micaschistes, phyllades, quartzites abondants, avec quelques gros bancs de cipolins. Une migmatisation liée à d'importantes venues granitiques affecte ces formations et cache les limites du bassin. Là où j'ai vu ces dernières, les gneiss suggariens sont en contact avec les micaschistes ou phyllades pharusiens par des zones écrasées souvent traversées de filons de quartz.

Des granites affleurent largement dans ce Pharusien et débordent dans les formations suggariennes. Le type le plus ancien paraît être un granite en massifs elliptiques allongés dans le sens des structures et alignés en direction Nord-Sud; ces massifs ont un cœur à faciès homogène porphyroïde entouré d'une zone hétérogène passant sans contours nets à des migmatites. D'autres granites forment des massifs en lentilles allongées Nord-Sud, mais leurs contacts sont francs. Le granite d'Aguendis a des bords nets et s'allonge dans le sens d'un grand accident NNW-SSE; il contient de larges zones enclavées du granite migmatique, sans doute suggarien, que l'on retrouve sur son flanc Est. Enfin le granite alcalin du Serkout se rapporte au type « taourirt » (1); il est le plus récent des granites pharusiens.

Le style tectonique est isoclinal et très serré. Les couches sont le plus souvent orientées Nord-Sud et redressées à la verticale.

3. *Le bassin pharusien de l'Anahef central.* — Il est très étroit au niveau de Serouenout. Il s'élargit plus au Sud dans les vallées de l'oued Takalous et de ses affluents les oueds Teguiet, Ahaggar et Temasint. Au Nord de Serouenout, P. Bordet a montré qu'il s'élargissait également.

Des séries volcaniques jalonnent le bord oriental du bassin, observé entre les oueds Adjou au Nord et Oboden au Sud. Elles sont traversées par un granite porphyroïde pharusien qui s'allonge dans le même sens qu'elles et s'étend largement dans le Suggarien de l'Anahef oriental. Au contraire le bord oriental, dans la région des oueds Ti-n-Azeguelalah et Tiguelestemine, est difficile à reconnaître par suite de la migmatisation et de la granitisation qui affectent cette partie du bassin et paraît fragmenté en éléments assez épars.

Ces formations ressemblent à celles du Pharusien de l'Anahef occidental. Pourtant la partie occidentale du bassin montre un métamorphisme plus poussé avec surtout des micaschistes à muscovite et grenat.

Le style isoclinal serré est le plus fréquent. Cependant il existe quelques structures synclinales et anticlinales élargies.

4. *Le socle suggarien de l'Anahef oriental.* — Ce que j'en ai vu est très métamorphique, largement migmatisé et injecté de granites dont l'âge reste à fixer. Un niveau de quartzites verts constitue entre autres l'élément majeur de la chaîne de l'Adrar Ikoahouène.

En résumé, les caractères géologiques de l'Ahaggar oriental rappellent ceux que M. Lelubre a mis en évidence dans l'Ahaggar occidental et central. Cependant la disposition du Pharusien en grands fossés réguliers bien découpés dans le socle suggarien ne se retrouve pas dans l'Ahaggar oriental, alors qu'elle

est nette plus à l'Ouest. Des séries d'accidents hachent les bassins et leurs bords sont tronçonnés en éléments disjoints; parfois même ils se réduisent à des paquets de schistes pharusiens isolés au milieu du Suggarien. Les caractères de leurs bordures ne donnent que localement à ces bassins une apparence de fossés tectoniques.

GÉOLOGIE. — *La tectonique des régions granitisées du Haut Bocage vendéen.* Note (*) de M. **Gilbert Mathieu**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Au Nord du pli synclinal de Saint-Pierre-du-Chemin, long de 100 km, qui contient du Silurien fossilifère (1), il est logique d'admettre un axe anticlinal, mais il intéresse une région de batholites, de granulite et de granites. Cependant, les angles rentrants en Briovérien entre les apophyses de granite, puis la bande schisteuse de Saint-Amand-sur-Sèvre à Parthenay-le-Vieux, entre granite syénitique de Pouzauges et granulite de Bressuire, enfin les multiples enclaves dans le granite de Pouzauges, permettent de reconnaître la disposition des couches sédimentaires malgré la recristallisation des terrains.

Dans un puits (profond de 20 m) à large section, exécuté en mai 1954 pour l'alimentation en eau potable de la ville de Pouzauges, M. Gougaud, Ingénier des Travaux ruraux à la Roche-sur-Yon, a pu relever un pendage Nord-Est du schiste micacé formant une énorme enclave au milieu du granite, au moulin du Tail, à 3 km au Nord de Pouzauges. Cette importante observation, faite au milieu du batholite de Pouzauges, complète les renseignements donnés déjà par le Briovérien encaissant. Ainsi, entre le Petit-Bourg des Herbiers et Ardelay, comme au Sud des Herbiers à l'Aurière, puis dans la languette schisteuse du Breuil-Bernard à Pugny et la Vergne (entre granite syénitique de Moncoutant et granulite circulaire du Neuvy-Bouin), le pendage est Nord-Est. A tout ce panneau en Briovérien avec pendage Nord-Est s'oppose la série Infra-Cambrien, Silurien de Saint-Pierre-du-Chemin, Réaumur, Mouchamps, inclinée 45° à 75° Sud-Ouest. En conséquence, la crête des collines granitiques du Haut Bocage (Puy-Crapaud, 288 m; Bois de la Folie, 274 m; Saint-Michel-Mont Mercure, 285 m) correspond exactement à un axe anticlinal. Par contre la bande continue à pendage Sud-Ouest du Briovérien qui est adossée à la granulite de Bressuire, depuis Combrand jusqu'à Parthenay par Cirière, Courlay, Amailloux, et la série à pendage Nord-Est du Brueil-Bernard forment les deux flancs d'un axe synclinal noyé dans le granite syénitique de Cerizay, La Forêt-sur-Sèvre, La Chapelle Saint-Laurent.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) G. Mathieu, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1739.

Si nous cherchons à placer ces indications tectoniques relatives au batholite de Pouzauges dans l'architecture d'ensemble du massif vendéen nous obtenons les résultats suivants :

L'anticlinal du Haut Bocage envahi localement par le granite à Pouzauges correspond à l'anticlinal des gneiss de Montaigu-Vendée ([2]) à la limite de la Bretagne, tandis qu'au Sud il est prolongé par l'anticlinal de Briovérien métamorphique de Secondigny-en-Gâtine à Clavé (Deux-Sèvres), recouvert par le Jurassique à partir d'Allonne. Un jeu posthume de cet anticlinal paraît avoir donné la voûte anticlinale du Bajocien-Bathonien visible dans la voie ferrée entre Salles et la Mothe-Saint-Héraye (Deux-Sèvres).

La lentille synclinale du Briovérien de la Guyonnière, au milieu des gneiss de Treize-Septiers, Montaigu, se prolonge sensiblement par l'arête synclinale du Petit-Bourg des Herbiers, avant de passer dans le granite syénitique de Cerizay, avec le jalon de l'amande schisteuse de la Flocellière, entre granulite des Chateliers et granite de Pouzauges.

Du gros batholite de granite grenu à deux micas de Torfou-Tiffauges sort l'axe anticlinal de Saint-Amand-sur-Sèvre ([3]) qui disparaît au Sud à Brétignolles dans la granulite de Bressuire, mais à Parthenay une structure anticlinale a été reconnue de nouveau depuis quelques années.

La vaste surface occupée par les granulites des Deux-Sèvres depuis le Puy Saint-Bonnet au Nord jusqu'à Ménigoute au Sud renferme probablement une longue ligne synclinale marquée par les amandes de diorites de Châtillon-sur-Sèvre, interprétées comme des calcaires dévoniens recristallisés ([4]).

Conclusions. — La bande de roches éruptives Nantes-Parthenay ne correspond pas à une large voûte anticlinale, mais à de nombreux plis parallèles incomplètement masqués par la granitisation. Dans ces conditions le nombre de grands plis synclinaux que l'on peut compter entre le Bassin d'Ancenis et le sillon houiller de Chantonnay est assez considérable et se monte au minimum à six, sans compter les subdivisions en petites écailles; l'ensemble a un style très vertical.

Le granite à deux micas de Torfou-Tiffauges se présente comme un batholite profond en position anticlinale, tandis que le massif tordu en « S » de Pouzauges, Cerizay, Parthenay-le-Vieux correspond à une granitisation très superficielle qui n'a pas oblitéré la tectonique et a laissé subsister des centaines d'enclaves importantes.

([2]) G. Mathieu, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 728.
([3]) G. Mathieu, *Bull. Carte Géol. Fr.*, 48, n° 229, 1950, p. 13.
([4]) G. Mathieu, *Ibid.*, p. 17.

GÉOLOGIE. — *Les nappes à matériel crétacé inférieur et moyen de l'Ouarsenis nord oriental (Algérie).* Note de M. **Maurice Mattauer**, présentée par M. Pierre Pruvost.

J'ai récemment montré (¹) que le massif de l'Ouarsenis était constitué d'allochtone surmontant l'autochtone. Le Crétacé supérieur et le Tertiaire y forment la majeure partie de l'allochtone; mais j'avais admis que le Crétacé inférieur devait aussi participer aux nappes. La cartographie détaillée de la partie Nord du Tell méridional (feuille au 1/50 000ᵉ de Béni-Bou-Douane) vient de confirmer cette interprétation. La stratigraphie du Crétacé inférieur et moyen y est très comparable à celle de la feuille de Miliana (²); on y trouve du Néocomien, de l'Aptien avec de nombreuses lentilles de calcaires à Orbitolines, du flysch albien inférieur; ce dernier est surmonté d'assises plus marneuses représentant l'Albien supérieur. Au-dessus, les marnes et calcaires vraconniens et cénomaniens sont toujours reconnaissables.

Tous ces terrains sont affectés par une tectonique complexe où les superpositions anormales sont la règle. Ainsi, aux environs de la maison forestière d'Aïn-Aïssa, la piste recoupe l'un des contacts anormaux aux points de coordonnées Lambert : $y = 308{,}0$; $x = 423{,}6$. Le flysch albien y surmonte les calcaires du Cénomanien. Ce contact, jalonné de Trias, peut se suivre sur plus de 20 km. Pour ce cas précis, la cartographie montre que la surface de chevauchement est, dans son ensemble, horizontale; l'ampleur des déplacements atteindrait 8 km. De tels contacts anormaux sillonnent toute la feuille de Béni-Bou-Douane. Pour certaines unités, l'ampleur du déplacement atteint un minimum de 15 km, valeur qu'il faudra probablement augmenter. Les contacts sont jalonnés, avec une extraordinaire constance, par le complexe triasique (gypse, dolomie, cargneule, brèche emballant des roches éruptives et métamorphiques primaires). Le Trias se présente généralement sous forme de bancs lenticulaires de quelques mètres de puissance.

Même les zones tectoniques de structure simple sur plusieurs dizaines de kilomètres carrés, qui nous semblaient appartenir à de l'autochnone, apparaissant en fenêtre, reposent, par l'intermédiaire d'une zone chaotique entrelardée de Trias, sur les terrains plus récents. Nous devons donc les considérer comme charriées.

Plusieurs unités charriées superposées ont ainsi pu être mises en évidence,

(¹) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 741.

(²) *Bull. Soc. Géol. France.*, (5), 20, 1950, p. 479-501. — Feuille Milliana et notice : *Publ. Serv. Carte Géol. Algérie*, 1951.

et provisoirement seul l'anticlinal à noyau jurassique et couverture néocomienne du barrage de l'Oued Fodda, dont nous avons étudié la terminaison orientale, reste considérée comme autochtone ou para-autochtone. L'anticlinal y est ceinturé par une lame de Trias redressée jalonnant le contact anormal de base. Cet anticlinal serait donc dû à un important plissement postérieur à la mise en place des nappes et faisant surgir leur substratum. Ailleurs les mêmes plissements font apparaître les unités inférieures sous les unités supérieures.

Les masses charriées du Nord de l'Ouarsenis se prolongent avec les même caractères à l'Est sur la feuille de Pont du Caïd et au Sud sur celle de Djebel Meddad. Les nappes qui recouvrent en majeure partie cette région y reposent sur du Miocène inférieur autochtone, ou présentent des intercalations de lentilles miocènes. Leur mise en place s'est réalisée au cours du Miocène inférieur, car l'on peut distinguer un Miocène inférieur antérieur aux nappes et un Miocène inférieur postérieur aux nappes. Notons que ces nappes sont elles-mêmes chevauchées par des unités à matériel crétacé supérieur et éocène inférieur, surmontées par le Numidien priabono-oligocène en position anormale.

La mise en évidence de nappes d'âge miocène inférieur, formées par du matériel crétacé inférieur et moyen, dont on ne connaissait pas d'équivalent aussi important dans le Tell algérien, apporte un élément nouveau, dont il faudra tenir compte pour expliquer la mise en place de l'allochtone tellien. Ces nappes sont au moins aussi importantes que celles à matériel crétacé supérieur-tertiaire, surtout connues jusqu'à présent. Devant ces faits un décollement généralisé d'une grande partie de la couverture crétacée semble s'imposer.

Or au Nord du Chéliff, à la limite Sud du Tell septentrional, L. Glangeaud [3] avait figuré et décrit depuis 1926 d'importants contacts anormaux jalonnés de Trias à la base soit d'un complexe nommé par lui « Albo-aptien » (feuilles de l'Oued Damous et de Carnot), soit de Crétacé inférieur (Nord du Zaccar). Plus récemment, dans une note commune [4], il a donné de nouvelles précisions sur l'allochtone du Tell septentrional. Nous avions d'autre part [2] figuré avec lui et A. Caire des contacts anormaux autour du Zaccar sur la feuille de Miliana.

Les nouvelles données que nous apportons sur la partie Sud du Chéliff posent maintenant un problème d'ensemble.

(3) *Bull. Soc. Géol. France*, 4, 1926, p. 47-60. *Thèse Sciences*, Paris, 1932, 625 p., 110 figures, 6 plus XXVIII pl.; *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie* (2), n° 8, 1932,. Feuille au 1/200 000e du nord de la province d'Alger et coupes, *Publ. Serv. Carte Géol. Algérie* (2), 1936, n° 8 *bis* et 8 *ter*.

(4) A. Caire, L. Glangeaud, M. Mattauer et J. Polveche, *Bull. Soc. géol. France*, (6), 3, fasc. 9, déc. 1953.

Il semble difficile, sinon impossible, d'enraciner toutes les nappes de l'Ouarsenis au Sud des massifs primaires et jurassiques du Chéliff (zone III de L. Glangeaud). Le géanticlinal du Chéliff devrait dans ce cas avoir fortement chevauché ces nappes vers le Sud, ce que rien ne laisse supposer. Malgré l'ampleur des charriages que cela implique, il semble plus logique d'interpréter les massifs de la zone III comme apparaissant « en fenêtre », au moins par rapport à une partie des unités allochtones.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Répartition granulométrique instantanée du transport solide dans la Medjerda en crue*. Note (*) de MM. **Jean Pimienta** et **Claude Collet**, transmise par M. Pierre Pruvost.

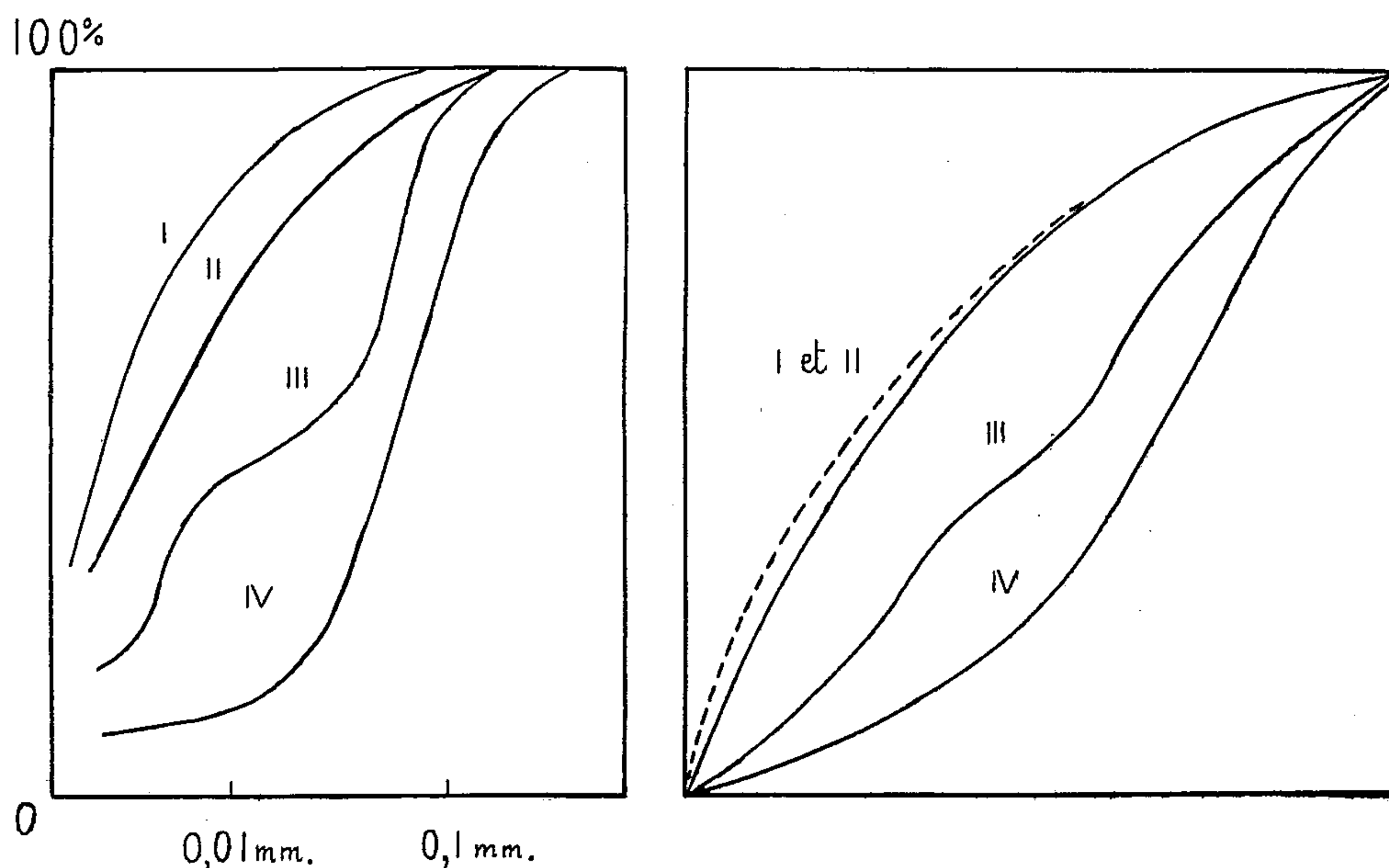
Des prélèvements d'eau chargées en troubles, effectués dans la Medjerda à l'occasion d'études préliminaires d'ouvrages d'art, ont montré que les lois de l'évolution granulométrique des sédiments en place s'appliquaient aussi à leur répartition en cours de transport.

Le débit solide exceptionnellement élevé de la Medjerda par rapport à son débit total pose des problèmes importants en ce qui concerne les grands travaux d'aménagement en Tunisie (barrages, irrigations, drainages). Aussi dans le cadre des études préliminaires a-t-il été jugé indispensable de l'évaluer avec la plus grande précision possible. Le pourcentage solide varie en tête et en fin de crue suivant l'importance des crues; à un instant donné, il varie également dans une tranche verticale, ainsi qu'en fonction de la distance aux berges, si bien que les recherches ont nécessité de nombreux prélèvements suivis de mesures pondérales et de granulométries.

Mais le fait même d'opérer un prélèvement perturbe momentanément la vitesse et la direction des filets d'eau, modifiant par conséquent, la compétence et risquant par là de provoquer une chute partielle immédiate de la charge en troubles. Pour pallier à ces inconvénients, l'entreprise de travaux publics chargée des études a mis au point une bouteille de prise douée de bonnes qualités hydrodynamiques, et pesant 80 kg. afin d'offrir une inertie permettant d'assurer son immobilité dans un courant assez rapide (3 à 4 m/s). Elle est maintenue vide jusqu'au moment du prélèvement par un envoi d'air comprimé et l'air qu'elle contient est aspiré au cours du remplissage, de façon à régulariser le débit de l'orifice de prise. Ces précautions ont tout au moins permis de ne pas éliminer les plus grosses particules, les plus sensibles aux variations de compétence, et d'obtenir une représentation granulométrique complète et très exacte du débit solide.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

D'ailleurs le débit solide de la Medjerda, comme le montrent les courbes granulométriques reproduites, est constitué d'éléments fins. Ce fait était favorable à la mise en évidence des lois de la répartition granulométriques en cours de transport, d'abord en raison de leur moindre sensibilité aux petites perturbations hydrodynamiques accompagnant le prélèvement, mais aussi parce que la plus grande quantité de particules pour un poids donné diminue les effets possibles des phénomènes aléatoires.



Nous présentons ici (figure de gauche) quatre courbes cumulatives semi-logarithmiques choisies parmi les plus caractéristiques :

I et II : prélèvements en pleine eau (I, près de la surface; II, à 2 m de profondeur);

III : Prélèvement au fond du lit en période de crue, effectué à la benne;

IV : Dépôt de crue laissé sur la berge.

Signalons que les nombreux prélèvements effectués en pleine eau présentent tous des granulométries très voisines.

Pour permettre l'examen des *indices granulométriques* de ces courbes, elles sont ramenées sur la figure de droite à leur *forme canonique*, conformément à la méthode donnée par A. Rivière [1]. Les courbes représentant les échantillons I et II montrent que ceux-ci ont des faciès *hyperboliques* assez semblables; *leur indice N. g.*, calculé d'après les indications de A. Rivière, varie de — 0,9 à — 1. Ce faciès est commun à l'ensemble des sédiments, dont l'évolution est poussée. La courbe de l'échantillon III au

[1] *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 2, 1952, p. 155-167.

fond du lit, rectiligne dans le système de coordonnées adopté, traduit une granulométrie *logarithmique* qui caractérise par excellence les faciès de transport, sans décantation ni lévigation prédominante; ces deux mécanismes s'équilibrent approximativement en chaque point. Les paliers et points d'inflexion, surtout visibles sur la courbe cumulative de la figure de gauche, résultent de variations de vitesse en cours de crue accompagnée de reprises et de remaniements. Les berges sont formées de dépôts à faciès *parabolique* (N. g = 0,8), montrant une évolution moins poussée que celle des sédiments entraînés vers le fond.

Il en résulte que les lois de l'évolution granulométrique des sédiments découvertes par A. Rivière [1] s'appliquent non seulement à leur répartition dans un bassin, mais même à leur répartition instantanée dans le profil transversal en cours de transport, ce qui confirme les déductions de cet auteur, concernant des sédiments dont le mode de transport n'avait pu être inféré des conditions géologiques des dépôts.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Réutilisation du tanin dans des prothalles de Filicinées maintenus en inanition.* Note de Mme **Suzanne Laurent**, présentée par M. Roger Heim.

Nous avons montré, dans une précédente Note [1], qu'il existe un rapport direct entre la concentration du milieu en glucose et la concentration en tanin des prothalles. Nous nous proposons maintenant de rechercher si ce tanin joue le rôle d'une substance de réserve, susceptible d'être reprise par le métabolisme.

Dans ce but, nous avons employé la technique suivante :

Trois paniers de 24 tubes ont été ensemencés avec des fragments de cultures prothalliennes aussi semblables que possible, sur un milieu liquide constitué par du Knop additionné de 2 ou 3 % de glucose, dose non toxique.

Au bout de deux mois environ, c'est-à-dire quand les cultures sont bien développées, on dose le tanin dans un des paniers. Les cultures d'un deuxième panier sont transportées dans un milieu minéral identique au précédent, mais ne renfermant pas de glucose, et mises à l'obscurité. Le troisième panier, utilisé comme témoin, est lui-même placé à l'obscurité après transport des cultures dans un milieu glucosé semblable au premier.

Après un ou deux mois, le tanin est dosé dans les deux paniers.

Cinq expériences ont été faites. En voici les résultats ci-après.

L'examen de ces résultats montre une diminution très sensible de la teneur en tanin des cultures mises à l'obscurité en milieu minéral, cultures dont la

(1) S. Laurent, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2428.

croissance est, par ailleurs, très faible. Cet abaissement peut atteindre la moitié de la teneur primitive. Chez les cultures témoins, maintenues elles aussi à l'obscurité, mais en milieu glucosé, la teneur en tanin s'est conservée ou même a augmenté nettement (expériences 1, 4, 5).

Époque du dosage.	Milieu.	Teneur en tanin pour 24 tubes (en cm³ de MnO_4K).	Poids de matière vivante pour 24 tubes (en g).
I. Au moment de la mise à l'obscurité	Knop + glucose 2 %	69,7	7,6
Après 1 mois à l'obscurité	Knop	61,1	9,06
	Knop + glucose 2 %	97,7	10,33
II. Au moment de la mise à l'obscurité	Knop + glucose 2 %	128,04	10,33
Après 2 mois à l'obscurité	Knop	80,93	11,62
	Knop + glucose 2 %	133,96	11,9
III. Au moment de la mise à l'obscurité	Knop + glucose 2 %	162,2	14,98
Après 2 mois à l'obscurité	Knop	80,88	17,48
	Knop + glucose 2 %	164,54	18,33
IV. Au moment de la mise à l'obscurité	Knop + glucose 3 %	188,06	17,51
Après 2 mois à l'obscurité	Knop	171	18,6
	Knop + glucose 3 %	209	18,16
V. Au moment de la mise à l'obscurité	Knop + glucose 3 %	96,34	7,43
Après 2 mois à l'obscurité	Knop	76,11	11,12
	Knop + glucose 3 %	239,8	14,76

Nota. — Les variations observables d'une expérience à l'autre sont dues sans doute au fait que les prothalles utilisés provenaient, initialement, de milieux différents. Des variations dans la température du laboratoire à laquelle les expériences ont été faites, sont aussi responsables de ces variations.

Il semble donc bien que le tanin puisse, dans le cas de carence en aliment carboné, être partiellement repris par le métabolisme. On peut donc, alors, le considérer comme une substance de réserve. Mais il est possible que cette utilisation soit exceptionnelle, les conditions de l'expérience étant très particulières.

Quelle est la partie utilisée? Vraisemblablement le glucose des tanins hétérosidiques. Dans ce cas, il sera sans doute possible de retrouver l'aglycon sous forme de composés phénoliques simples, dont le dosage sera tenté ultérieurement.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Effet protecteur de la β-mercaptoéthylamine vis-à-vis de l'action provoquée par la dihydrostreptomycine sur la croissance de plantules de blé.* Note de MM. **Georges Nétien** et **Jean Lacharme**, transmise par M. Maurice Javillier.

Von Euler a montré les effets toxiques de la dihydrostreptomycine sur la croissance des plantules [1], il nous a paru intéressant de rechercher si la mercaptoéthylamine pouvait exercer une protection éventuelle [2].

Deux séries d'expériences furent réalisées en utilisant des caryopses (G) ou des plantules de blé (P).

Expériences semences (G). — Les caryopses trempés 24 h dans une solution de cystéinamine à 1/5 000e (C) ou sulfate de dihydrostreptomycine à 1/2 000e (Dst) ou eau ordinaire (E) sont développés en milieu nutritif minéral (b) dans lequel est ajouté soit la cystéinamine (*c*), soit la dihydrostreptomycine (dst). Les différentes combinaisons sont indiquées sur les tableaux (GT = graine témoin).

Expériences plantules (P) (germination de 48 h). — Le protocole expérimental est le même; toutefois nous avons complété cette expérience en changeant quotidiennement la cystéinamine (cq), soit le mélange dihydrostreptomycine-cystéinamine (mq) que nous opposons au lot (mk) qui reste fixe (PT = plantule témoin).

Résultats. — Expérience arrêtée le 12e jour. Les hauteurs de tige et la grandeur des racines sont exprimées dans les tableaux ci-contre, en chiffre absolu et pourcentage; le témoin étant pris à 100 %.

Interprétation. — *Croissance des tiges.* — La cystéinamine ne manifeste aucune toxicité sur graines et plantules trempées 24 h dans la solution à la dose étudiée; mais une diminution de croissance d'environ 40 % (lot PC 2*q*) en changeant quotidiennement. La cystéinamine semble protéger la partie aérienne de la plantule contre l'action inhibitrice de la streptomycine, si on la fait agir avant celle-ci (lots PC dst et PD st2) ou simultanément (lots PEmk et PEmq).

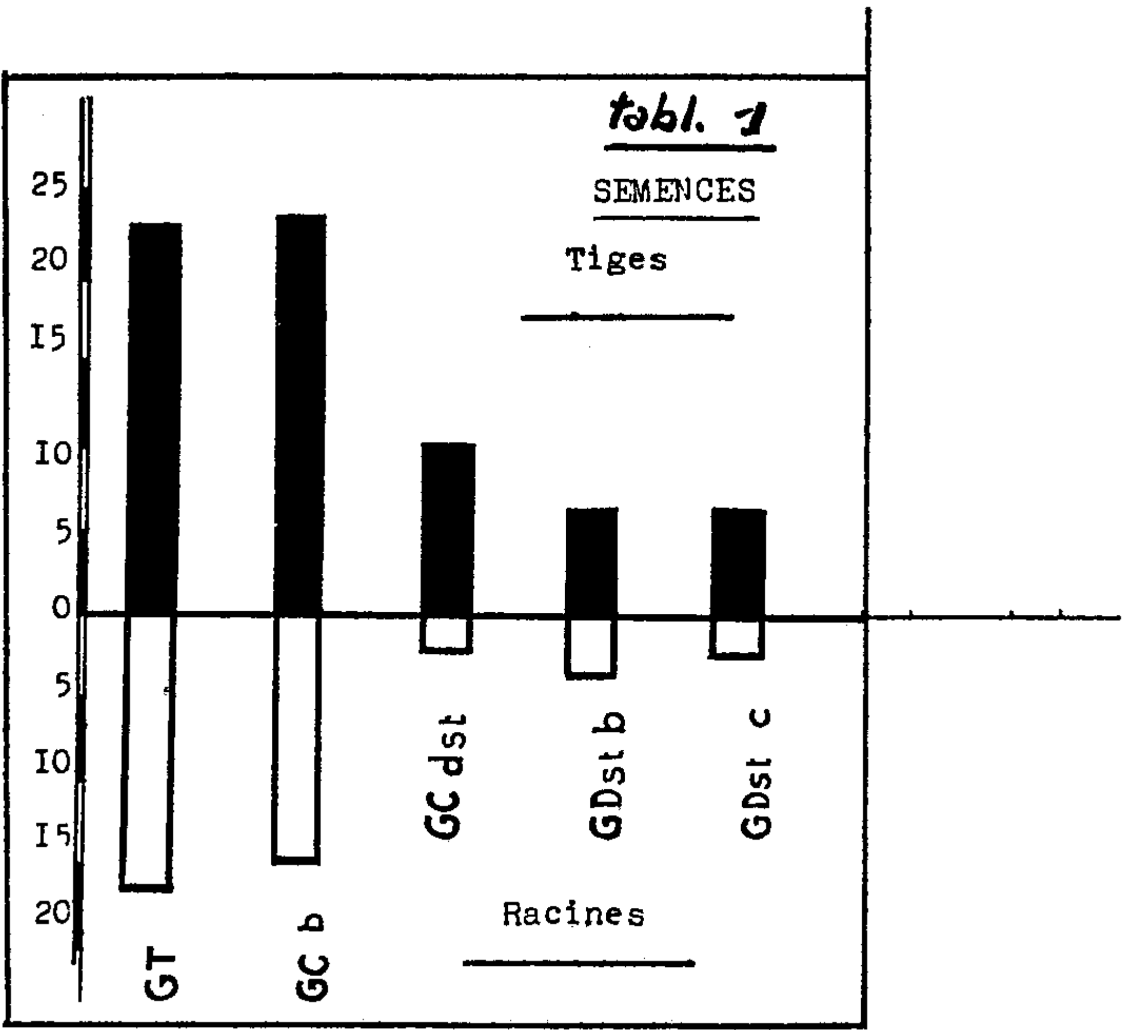
Croissance des racines. — Les diverses combinaisons ne provoquent ni action antagoniste, ni action synergique. L'antibiotique reste toxique.

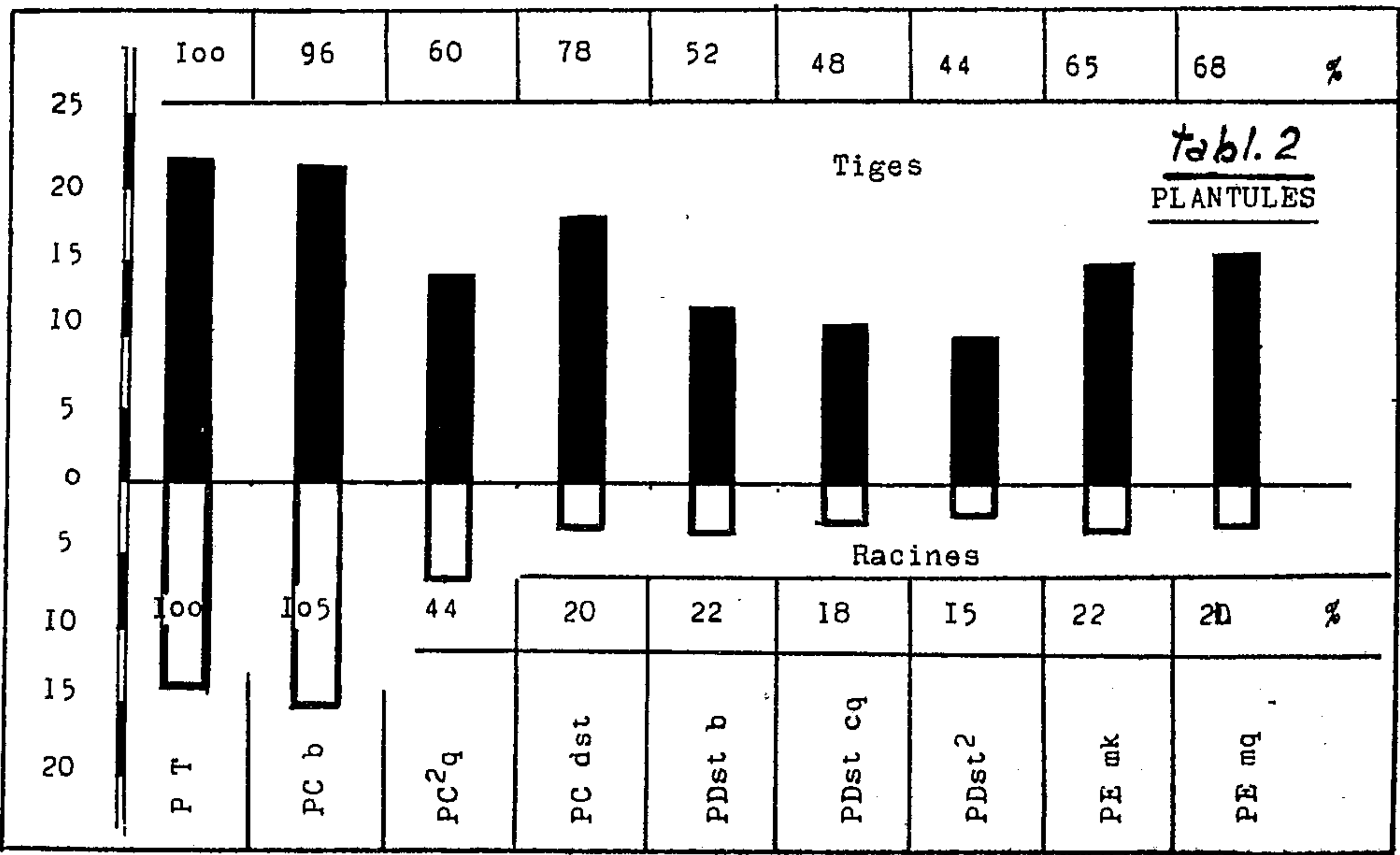
Chlorophylle. — L'antibiotique provoque une chlorose de la plantule. Si l'on compare les lots PD dst, PD stcq et PD st2, seules les feuilles du lot PD stcq ne présentent pas ce phénomène. La mercaptoéthylamine ajoutée au milieu nutritif minéral, diminue la propriété antichlorophylle de la dihydrostreptomycine. Cette étude fait l'objet de nos recherches actuelles.

---

(1) H. Von Euler, *Arch. for Kemi. Goel.*, 27 A, n° 17, 1947.

(2) P. Kluyskens et P. Van Lindt, *Acta Oto Rhino. Laryng. Belg.*, 7, 1953, p. 371.





CONCLUSION. — La β-mercaptoéthylamine présente effectivement une action protectrice vis-à-vis des effets toxiques de la dihydrostreptomycine, manifestés sur la croissance de la plantule ou par des troubles sur la chlorophyllogénèse. Cette activité protectrice n'existe que si on la fait agir antérieurement ou en même temps que l'antibiotique. Par contre une action postérieure n'empêche pas les diverses manifestations toxiques de la dihydrostreptomycine.

GÉNÉTIQUE. — *Effet antibiotique de la canavanine sur la levure.* Note de M. **Adrian M. Srb**, présentée par M. Roger Heim.

La croissance de la levure est fortement inhibée par la canavanine. Cet effet antibiotique est neutralisé par l'arginine, un analogue structural de la canavanine.

On sait que l'acide aminé canavanine est un inhibiteur puissant de la croissance de certains microorganismes ([1]), ([2]) et végétaux supérieurs ([3]), ([4]). Dans tous ces cas, l'arginine agit spécifiquement pour lever l'inhibition. La similarité des résultats obtenus avec des organismes variés indique une action antimétabolique dont la signification biochimique est générale.

Des expériences récentes nous ont permis de constater que la canavanine exerce une action antibiotique sur la levure et qu'ici encore l'inhibition est levée par l'arginine. Les effets de la canavanine ont été étudiés sur deux souches de levure : la souche diploïde « Yeast Foam » et la souche 174/1d, haploïde de type sauvage, décrite par B. Ephrussi, H. Hottinguer et J. Tavlitzki ([5]). Les résultats obtenus avec les deux souches sont essentiellement semblables.

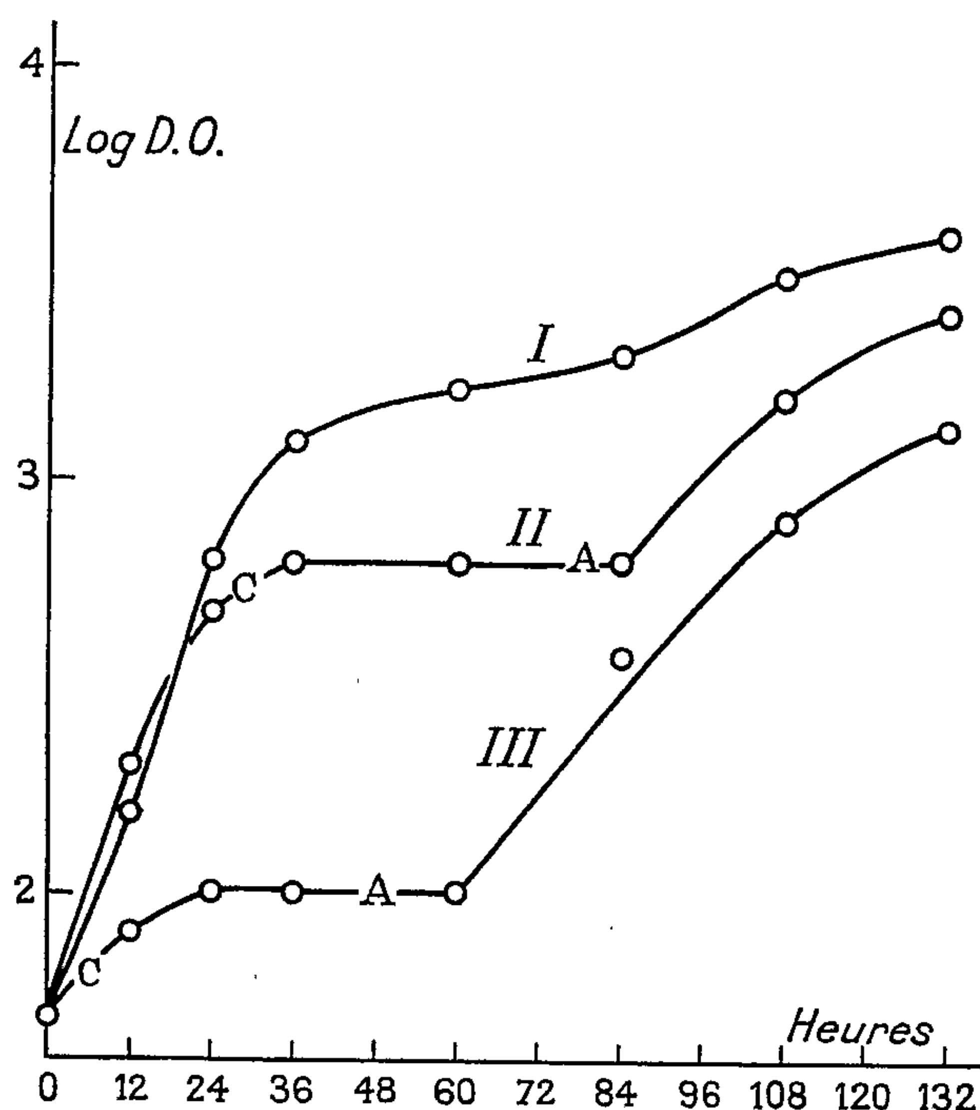
Si l'on étale jusqu'à 180×10^6 cellules de l'une de ces levures sur un milieu synthétique gélosé dépourvu d'arginine et contenant au moins 0,02 mg de canavanine par centimètre cube, la croissance est inhibée. Seules quelques rares colonies constituées par des mutants résistants à la canavanine se développent. L'addition subséquente, à la surface du milieu, d'arginine cristallisée permet aux cellules initialement inhibées de proliférer et de former des colonies. Aucune des substances suivantes ne produit un effet semblable : citrulline, ornithine, tyrosine, valine, cystine, glycine, tryptophane, acide glutamique, histidine, asparagine, phényl-alanine, isoleucine, acide α-amino valérique, oxyproline, proline, alanine, leucine, thréonine, cystéine, serine, guanine, adénine, pyridoxine, acide pantothénique, riboflavine, et thiamine. La lysine atténue l'effet de la canavanine sur la souche « Yeast Foam », mais elle est beaucoup moins efficace que l'arginine.

L'inhibition est levée par la D-arginine aussi bien que par la L-arginine. Les milieux complexes qui contiennent de l'arginine, par exemple l'hydrolysat de caséine, neutralisent également les effets de la canavanine.

Si l'on étale la levure sur un milieu contenant à la fois de la canavanine et de l'arginine, la croissance des colonies est normale, pourvu qu'il y ait plus de 3 mol d'arginine par molécule de canavanine.

([1]) N. H. Horowitz et A. M. Srb, *J. Biol. Chem.*, 174, 1948, p. 371.
([2]) B. E. Volcani et E. E. Snell, *J. Biol. Chem.*, 174, 1948, p. 893.
([3]) J. Bonner, *Am. J. Bot.*, 36, 1949, p. 323.
([4]) J. E. Wright et A. M. Srb, *Bot. Gaz.*, 112, 1950, p. 52.
([5]) *Ann. Inst. Pasteur*, 76, 1949, p. 419.

L'inhibition par la canavanine et l'action antagoniste de l'arginine s'effectuent avec des cultures en voie de prolifération dans un milieu synthétique liquide (5) aussi bien que dans les conditions déjà décrites. La figure 1 en est une illustration. La reprise de la croissance des cultures



Abscisse : heures de croissance. Ordonnée : densité optique de la culture; logarithmes du nombre de divisions du tambour de l'électrophotomètre de Meunier. I. Culture témoin. II. Addition de 2,5 mg de canavanine (C), pendant la prolifération, puis de 12,0 mg d'arginine (A). III. Addition de 2,5 mg de canavanine (C) immédiatement après l'ensemencement; puis de 12,0 mg d'arginine (A). Volume des cultures : 10 cm³.

inhibées par la canavanine est due à l'action de l'arginine et non à la sélection de mutants résistants à la canavanine : en effet, l'étalement d'échantillons de la culture au cours de sa prolifération ne montre pas d'augmentation de la proportion de colonies résistantes à la canavanine.

PHYSIOLOGIE. — *Action de l'ammonium sur la protéolyse de la lactoglobuline par la trypsine.* Note (*) de Mlle **Jeannine Yon**, transmise par M. Robert Courrier.

Dans des recherches précédentes, nous avons étudié les modalités d'action de l'ion calcium sur la protéolyse de la lactoglobuline par la trypsine (1). Nous

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) J. Yon, *Comptes rendus*, 233, 1954, p. 284.

indiquerons dans ce travail l'influence qu'exerce l'ion NH_4^+ sur cette réaction. On a jusqu'à présent peu de données sur le sujet. M. R. McDonald et M. Kunitz (²) ont observé que l'ammonium, à l'inverse du calcium, diminue la transformation autocatalytique du trypsinogène en trypsine active. Par ailleurs K. M. Harmon et C. Niemann (³) ont montré que ce cation n'a aucun pouvoir inhibiteur dans l'hydrolyse de la L-benzoylargininamide par la trypsine.

Les conditions d'expérience ainsi que les méthodes utilisées pour aborder cette étude ont déjà été indiquées antérieurement (⁴), (¹).

A partir d'une concentration relativement faible (0,2 M), la présence d'ammonium inhibe complètement l'hydrolyse trypsique de la lactoglobuline

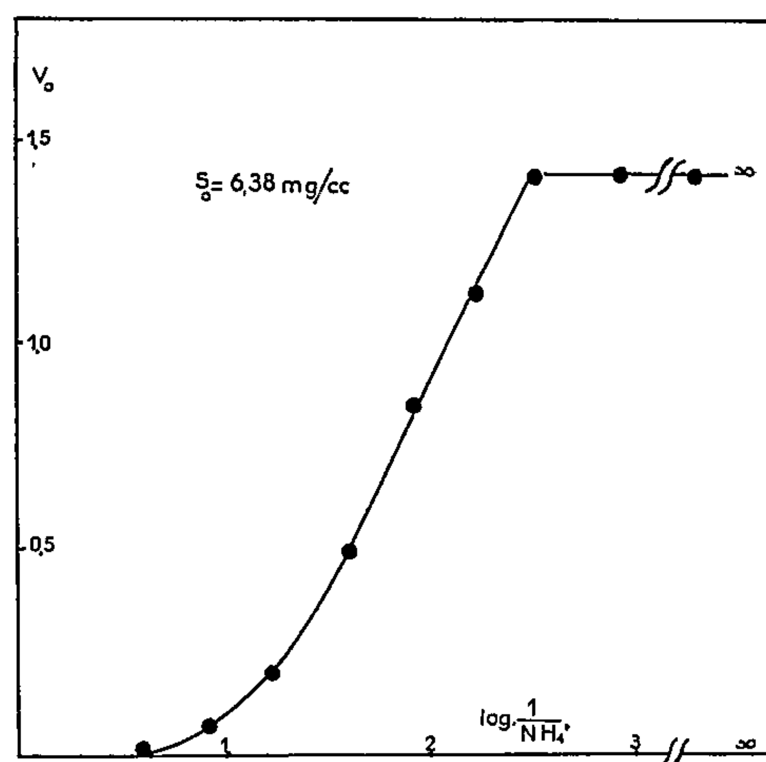


Fig. 1.

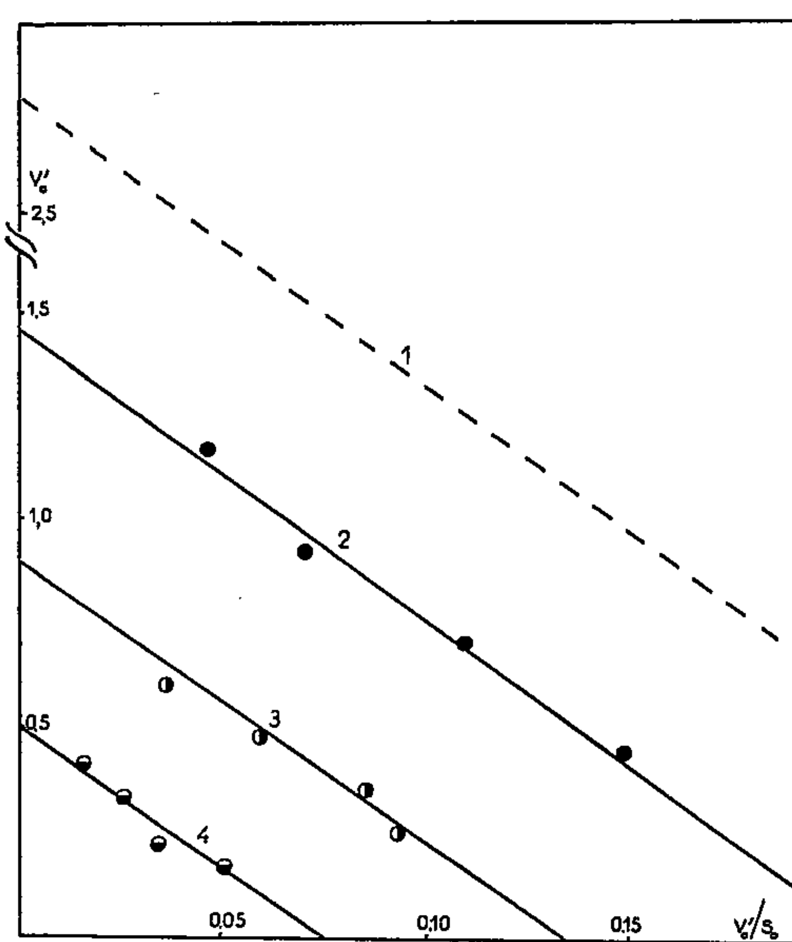


Fig. 2.

Fig. 2. — Concentration de trypsine $e = 141\ \gamma/cm^3$: 1, sans $ClNH_4$; 2, $ClNH_4$ 0,0109 M; 3, $ClNH_4$ 0,026 M; 4, $ClNH_4$ 0,064 M.

(tampon borate pH 7 et 35°). Son effet est immédiat et se produit aussi bien à pH 7 qu'à pH 8; de plus son action dépend peu du milieu dans lequel s'effectue la protéolyse : bien qu'elle ne soit pas totale, l'inhibition est encore considérable en tampon phosphate (⁵). C'est l'ion ammonium qui est respon-

(²) *J. Gen. Physiol.*, 25, 1941, p. 53.

(³) *J. Biol. Chem.*, 178, 1949, p. 743.

(⁴) F. Labeyrie et J. Yon, *J. Chim. Phys.*, 50, 1953, p. 186.

(⁵) Dans les expériences faites en tampon phosphate, l'utilisation de la méthode titrimétrique habituelle est impossible par suite de la trop grande valeur initiale de titrage. D'autre part, la β-lactoglobuline n'est pas précipitée quantitativement par l'acide trichloracétique en solution aqueuse. Nous avons utilisé une solution d'acide trichloracétique 5 % dans l'alcool 30 % qui donne des résultats quantitatifs.

sable de cette inhibition : en effet, qu'on l'ajoute sous forme de chlorure ou de sulfate, on obtient le même résultat.

Nous avons utilisé d'autres substrats, et nous avons remarqué que l'ammonium inhibe la digestion de la sérumalbumine, mais ne diminue que faiblement celle de l'hémoglobine et est sans action sur l'hydrolyse de la caséine. L'ion NH_4^+ n'exerce d'ailleurs pratiquement aucune influence sur l'inactivation de la trypsine aux pH considérés (7 à 8), comme l'indiquait déjà une mesure de M. Bier et F. F. Nord [6]. Par conséquent dans nos conditions expérimentales, il est hautement probable que les ions ammonium n'ont pas d'effet sur la molécule de trypsine, mais qu'ils exercent leur action sur le substrat.

Si nous admettons que la diminution de la vitesse de protéolyse est due à la fixation réversible de l'ammonium en une position définie par rapport au groupe sensible de la molécule de lactoglobuline L, nous pouvons appliquer la loi d'action de masse à cet équilibre. Lorsqu'on porte la vitesse initiale de protéolyse en fonction du logarithme de $1/(NH_4^+)$, où (NH_4^+) exprime la concentration d'ammonium, on obtient la courbe indiquée par la figure 1 qui permet d'obtenir la constante $K_{(NH_4)}$ définie par l'équilibre $K_{(NH_4)} = (L)(NH_4^+)/(LNH_4)$. Cette détermination a été faite pour plusieurs concentrations de substrat. La valeur de $K_{(NH_4)}$ correspond à $1,5.10^{-2} \pm 0,1.10^{-2}$ M. Cet équilibre n'est pas modifié par la température ($\Delta H \simeq 0$). A 35° la formation du complexe lactoglobuline-NH_4 s'accompagne d'une diminution d'énergie libre de $2\,550 \pm 50$ cal/mol et d'une variation d'entropie de $+8$ U. E.

Bien que l'action de l'ammonium s'exerce sur la lactoglobuline, les équations classiques concernant les diverses inhibitions portant sur l'enzyme s'appliquent encore. La représentation G. S. d'Eadie [7] : $v_0 = V_{mi} - K_{mi} v_0/s_0$, permet d'obtenir les constantes (V_{mi} et K_{mi} représentent la vitesse maximum et la constante de Michaelis complexe en présence d'inhibiteur; v_0 et s_0 sont respectivement la vitesse initiale de protéolyse et la concentration totale de substrat). L'allure des droites $[v_0 = f(v_0/s_0)]$ pour différentes concentrations d'inhibiteur indique immédiatement le résultat. Comme le montre la figure 2, nous obtenons une famille de droites parallèles; ce qui prouve que K_{mi} reste identique à K_m quelle que soit la concentration d'ammonium. De plus nous avons pu observer que l'ammonium fixé sur la lactoglobuline n'est pas déplacé par un excès d'enzyme (1 880 γ/cm³). Le blocage du substrat est donc de la forme d'une inhibition non compétitive; d'autre part la valeur de $K_{(NH_4)}$ rend compte à 10 % près des valeurs trouvées pour V_{mi} qui est égal à

$$V_m/(1 + (NH_4^+)/K_{(NH_4)}).$$

Nous pouvons donc conclure que lorsque NH_4^+ est fixé sur la molécule de

---

(6) *Arch. Biochem. Biophys.*, 33, 1951, p. 320.

(7) *J. Biol. Chem.*, 144, 1942, p. 85; *Science*, 116, 1952, p. 688.

lactoglobuline, celle-ci peut encore se combiner avec la trypsine pour former un complexe, mais qui n'est pas hydrolysable par l'enzyme. Les ions NH_4^+ susceptibles de se fixer en d'autres points de la molécule seraient sans effet sur la vitesse de protéolyse.

BIOLOGIE. — *Mesure photoélectrique de la pénétration transorbitaire des radiations visibles jusqu'au cerveau, chez le Canard domestique.* Note (*) de MM. **Jacques Benoit, Ladislav Tauc** et **Ivan Assenmacher**, transmise par M. Robert Courrier.

Une méthode utilisant une cellule photoélectrique nous a permis de déterminer avec précision l'opacité des tissus traversés jusqu'au cerveau par diverses radiations lumineuses visibles, au niveau de la région oculaire, chez le Canard. La rapidité de cette méthode, nous a permis de suivre certaines variations de l'opacité des tissus, considérés en fonction du temps s'écoulant après la mort.

Les radiations lumineuses visibles qui stimulent chez les Oiseaux, le Canard en particulier, l'activité génitale, peuvent le faire en excitant un photorécepteur superficiel (rétine) ou un photorécepteur profond (hypothalamus, rhinencéphale) en traversant les différents tissus et organes de la région orbitaire (¹). Le globe oculaire agit alors comme une lentille qui projette les rayons lumineux à travers l'os du fond de l'orbite jusqu'au cerveau.

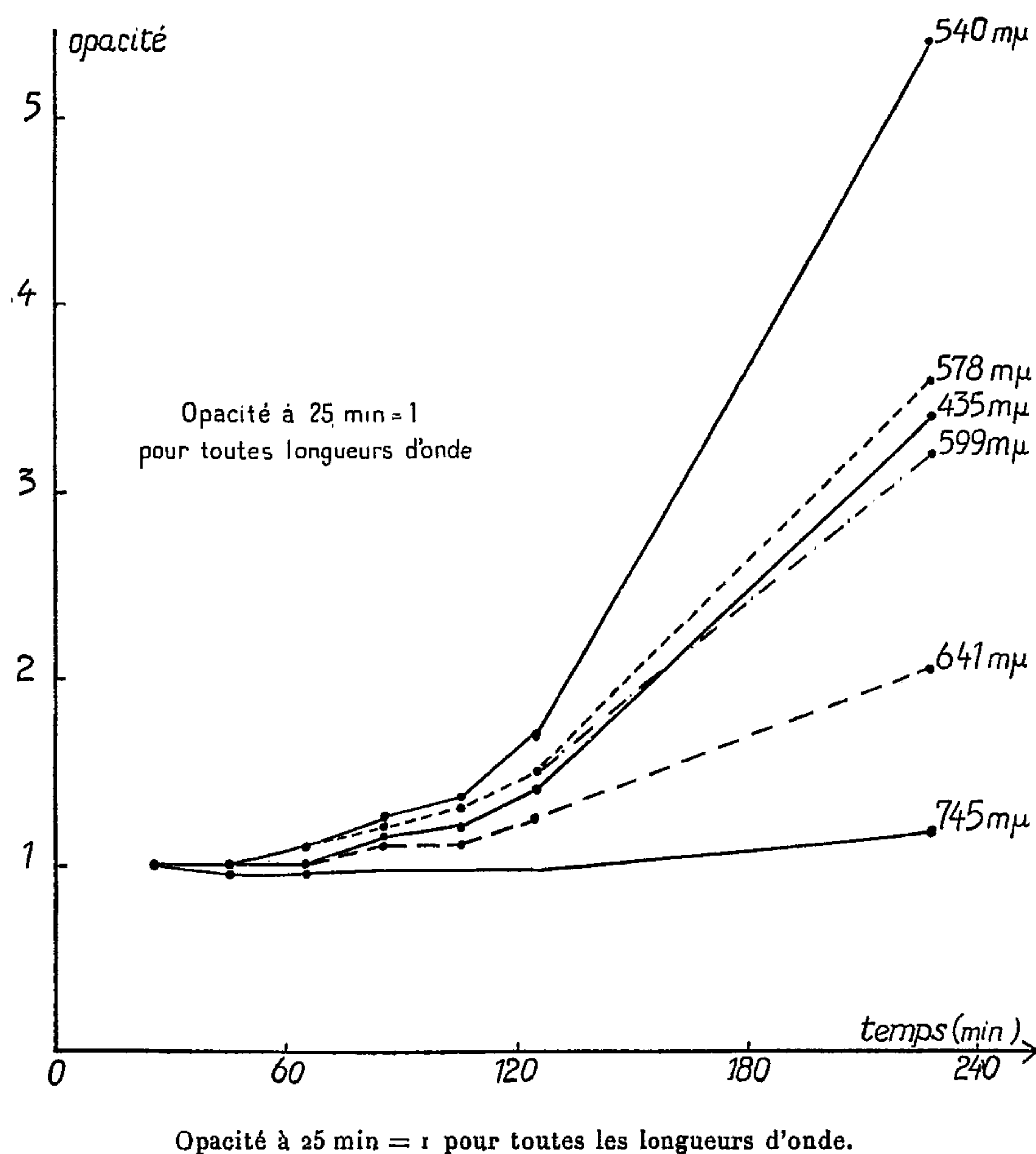
Nous avons antérieurement déterminé, par une méthode photographique, les opacités de la région orbitaire éclairée obliquement (²). Nous présentons aujourd'hui les résultats d'une méthode plus rapide et plus précise. Elle consiste à placer à la surface du cerveau, au niveau de la région à prospecter, dans une tête de Canard tué au chloroforme, les vaisseaux restant ainsi remplis de sang, une cellule photoélectrique au sélénium à couche d'arrêt (surface photosensible de 5×6 mm). La forte intensité de la source lumineuse employée (lampe à incandescence de 500 W alimentée par un courant alternatif stabilisé en tension) et la grande sensibilité du galvanomètre utilisé nous ont permis des mesures très précises dans toute l'étendue du spectre visible malgré l'emploi de filtres assez sélectifs. Les valeurs ainsi relevées furent ensuite comparées à celles obtenues par l'éclairement direct de la cellule, à la même distance de la lampe, avec l'interposition successive des différents filtres et d'un ou de plusieurs filtres de verre neutre, dont les facteurs de transmission étaient connus, afin d'obtenir une réponse de même ordre qu'au cours de l'expérience avec la tête de

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(¹) J. Benoit et I. Assenmacher, IIᵉ *Réunion Endocrinologistes de langue française*, 1953, p. 33.

(²) J. Benoit, I. Assenmacher et S. Manuel, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1695.

Canard. Ces conditions nous permettent de considérer la réponse de la cellule photoélectrique comme parfaitement linéaire et, par un calcul simple, d'obtenir les facteurs d'opacité des tissus pour les différentes radiations. Comme dans notre expérience à méthode photographique, la lampe fut placée devant la région oculaire, dans une direction oblique antérieure. La cellule fut disposée à la surface du cerveau, derrière la dure-mère et la face endocranienne de l'orbite, au niveau de la région



Opacité à 25 min = 1 pour toutes les longueurs d'onde.

hypothalamique, de telle sorte que la couche sensible couvrait la plage lumineuse formée par la concentration des rayons effectuée par l'œil. Dans ces conditions, la réponse photoélectrique est maximum.

Nous avons expérimenté sur neuf têtes de Canards de race Pékin. Nous avons fait dans chaque cas plusieurs déterminations, à des temps variables après la mort. Le tableau ci-joint donne les résultats d'une expérience caractéristique, où le temps est compté à partir de la dernière respiration du Canard.

Filtre.	λ_{max} (mμ).	Opacité région orbitaire mesurée à différents temps après la mort (mn). 23-26.	43-45.	63-65.	83-86.	103-106.	123-126.	231-233.	Opacité à λ / Opacité au rouge 745 A 23-26 mn.	A 231-233 mn.
Bleu indigo B1.....	435	1260	1260	1280	1450	1500	1800	4300	19,0	54,4
Vert V7...........	540	295	302	330	370	400	510	1580	4,5	20
Jaune J 3..........	578	176	175	192	212	225	264	630	2,7	8
Orangé O 2........	599	143	148	158	173	183	221	460	2,2	5,8
Rouge D1.........	647	76	76	76	82	85	97	157	1,2	2
Rouge 745.........	745	66	61	61	62	62	62	79	1,0	1

Ce tableau nous conduit aux interprétations suivantes :

1. l'opacité de la région orbitaire aux radiations monochromatiques est d'autant plus grande que la longueur d'onde utilisée est plus courte.

2. cette opacité augmente après la mort; elle le fait plus rapidement pour les radiations de courte longueur d'onde et reste sans grand changement pour l'extrême rouge (*fig.* 1). D'autres expériences, qui seront publiées ultérieurement, nous ont montré que cette augmentation de l'opacité était essentiellement due aux altérations *post mortem* des milieux dioptriques de l'œil. Elle ne débute qu'après une heure environ, ce qui permet de dire, par extrapolation, que nos premières déterminations (25 mn *post mortem*), ne doivent pas être éloignées des conditions réalisées *in vivo*.

BIOLOGIE. — *Action du phosphore radioactif sur des cellules tumorales marquées avec cet élément*. Note de M. **Frédéric Ludwig**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On admet en général que les éléments radioactifs employés comme indicateurs ne produisent pas d'effet biologique. Il n'en est pas toujours ainsi quand on se place à l'échelle cellulaire. Ces lésions peuvent même conduire à une interprétation erronée quand on a recours aux indicateurs pour étudier les conséquences d'une irradiation.

Le présent travail apporte un moyen d'évaluer quantitativement les effets d'un élément indicateur (P-32) à des doses égales à celles que l'on utilise habituellement pour obtenir des autohistoradiographies.

A cet effet, on injecte par voie sous-cutanée, en 1 cm^3, des doses de 15 et de 50 μC de Na_2HPo_4, suivant les lots, à des souris portant un cancer d'ascite et, pour suivre la fixation du P indicateur, on réalise une autoradiographie d'un étalement du liquide d'ascite prélevé par ponction [technique « Stripping » (1), exposition trois semaines]. Comme il s'agit

(1) S. R. Pelc, *Nature*, 160, 1947, p. 193.

de matériel frais, n'ayant pas subi de fixation, donc susceptible de produire des effets pseudo-radiographiques, on renverse l'émulsion Stripping, la gélatine au contact de la préparation ([2]). Une dilution de vingt fois dans le liquide de Ringer fait ressortir plus nettement l'autoradiographie des cellules cancéreuses, car l'activité du liquide environnant est alors si faible qu'elle n'impressionne plus l'émulsion pendant l'exposition mentionnée. Plus de la moitié de ces autoradiographies de cellules individuelles se présentent sous une forme annulaire : la majeure partie du P-32 est absorbée par le protoplasme. L'effet autoradiographique au niveau du noyau est plus faible.

On prélève le liquide d'ascite 24 h après l'injection du P-32 et l'on répète cette opération toutes les 24 h pendant cinq jours. Le pourcentage des cellules mortes est déterminé à l'aide de l'effet Strugger ([3]). Une telle suspension de cellules tumorales, même sans marquage radioactif, contient à peu près 15 % de cellules Strugger-positives (mortes). Ce pourcentage montre une dispersion statistique très large, la moyenne pourtant reste constante jusqu'à la mort de l'animal. Cette dispersion semble traduire la grande fragilité des cellules du cancer d'ascite, dont le développement, la multiplication et la mort sont influencés par de légères modifications du milieu. Cette fragilité explique aussi que dans la tumeur histologique, obtenue par injection intramusculaire, apparaissent de vastes régions nécrotiques.

Chez les animaux ayant reçu les doses indiquées de phosphore radioactif, le nombre des cellules Strugger-positives est augmenté pendant les premières 48 h de 150 %, il redevient ensuite sensiblement normal jusqu'au quatrième ou cinquième jour; on constate alors une augmentation de 100 %.

La différence entre les animaux injectés avec 15 μC et ceux ayant reçu 50 μC n'est pas significative : ceci permet peut-être de conclure à l'existence d'une catégorie de cellules tumorales particulièrement radiosensibles. On peut penser que cette catégorie représente les cellules proches de la mitose.

En conclusion, les cellules du cancer d'ascite, cancer à croissance rapide, marquées avec des doses de 15 à 50 μC par souris subissent des modifications dues aux radiations émises par l'élément indicateur, ce qui impose des réserves sur la validité des résultats acquis au moyen de l'histoautoradiographie, plus particulièrement dans l'étude des lésions consécutives à une irradiation.

([2]) G. A. Boyd et A. Williams, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 69, 1948, p. 225.

([3]) F. Ludwig, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 957.

GÉNÉTIQUE. — *Lysogénie et recombinaison génétique chez* Escherichia coli K 12 Note (*) de MM. **Élie L. Wollman** et **François Jacob**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les croisements entre *E. coli* K 12 Hfr et F^-, tous deux lysogènes, montrent que le prophage λ et Gal_4 sont situés sur le segment TL Lac_1. Lorsque Hfr est lysogène et F^- non lysogène, l'induction spontanée du prophage supprime ceux des zygotes qui ont reçu le prophage λ. La distribution parmi les recombinants, des caractères liés au prophage λ, s'en trouve modifiée.

Il avait été jusqu'ici admis que la présence du prophage λ n'altérait pas les résultats de l'analyse génétique d'*E. coli* K 12. Le phénomène d'induction spontanée, observé au cours des croisements entre bactéries Hfr lysogènes (ly^+). et F^- non lysogènes (ly^-) établit qu'au cours de certains croisements une fraction importante des zygotes peut être éliminée ([1]). On peut se demander si cette élimination n'affecte pas préférentiellement certains segments du matériel génétique, exerçant ainsi une contre-sélection à l'égard de certaines classes de recombinants. Ainsi pourraient s'expliquer notamment les anomalies constatées au cours des croisements $F^+ly^+ \times F^-ly^-$ ([2]).

Dans les croisements Hfr $T^+L^+S^s \times F^-T^-L^-S^r$, où les bactéries sont mélangées à raison d'un Hfr pour 20 F^-, la fréquence de recombinaison (nombre de recombinants $T^+L^+S^r$ sur nombre initial de Hfr) varie considérablement selon le croisement réalisé. Cette fréquence, qui est de 5 à 10 % pour les croisements Hfr $ly^+ \times F^-ly^-$, dépasse 50 % dans les croisements Hfr $ly^+ \times F^-ly^+$ et Hfr $ly^- \times F^-ly^-$.

La distribution, parmi les recombinants, des marqueurs non sélectionnés, est, elle aussi, affectée par la nature des croisements. Dans un croisement Hfr $ly^-Lac_1^+Gal_4^+ \times F^-ly^-Lac_1^-Gal_4^-$, 55 % des recombinants sont Lac^+, 45 % sont Gal^+. Le passage simultané de Lac^+ et de Gal^+ a lieu dans 40 % des cas, ce qui indique une liaison entre Lac_1 et Gal_4. Dans un croisement Hfr $ly^+Lac_1^+Gal_4^+ \times F^-ly^-Lac_1^-Gal_4^-$, au contraire, 25 % des recombinants sont Lac^+, 3 % seulement sont Gal^+ dont la moitié environ sont aussi Lac^+. Parmi ces recombinants, 2 ‰ seulement sont lysogènes.

On sait qu'il existe une liaison étroite entre la lysogénie et le caractère Gal_4 ([3]), ([2]). L'extrême rareté des recombinants lysogènes, ainsi que la diminution considérable de la proportion des recombinants Gal^+ sont la

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) F. Jacob et E. L. Wollman, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 317.

([2]) E. L. Wollman, *Ann. Inst. Pasteur*, 84, 1953, p. 281; R. K. Appleyard, *Cold Spring Harbor Symp.*, 18, 1953, p. 95.

([3]) E. M. et J. Lederberg, *Genetics*, 38, 1953, p. 51.

conséquence de l'induction spontanée du prophage dans une large fraction des zygotes. La diminution de la proportion des recombinants Lac^+ reflète également ce phénomène qui, cependant, montre que le caractère Lac_1 est beaucoup moins lié aux caractères Gal_4 et ly que ceux-ci ne le sont entre eux. Il se trouve apparemment entre TL et Gal_4. La localisation du prophage dans cette région du chromosome bactérien est démontrée par les croisements Hfr $ly^+ Lac_1^+$ T1s $\times$ $F^- ly^+ Lac_1^-$ T1r, où les deux souches lysogènes perpétuent des prophages λ différents. Le prophage du parent Hfr est transmis à 30 % des recombinants alors que les caractères Lac et T1s sont transmis respectivement, dans 50 et 75 % des cas.

Il convient de noter que l'établissement chez les recombinants du prophage du parent Hfr est trois fois moins fréquent que le développement de ce prophage dans le zygote au cours des croisements Hfr $ly^+ \times F^- ly^-$.

On sait que dans un croisement Hfr $\times$ F^-, la haute fréquence de recombinaison observée ne porte que sur le segment TLLac_1 (4). Nous avons vérifié ce fait dans tous les croisements réalisés. La fréquence relativement élevée de la recombinaison du caractère lysogène λ permet donc de localiser le prophage λ dans ce segment.

L'élimination d'un segment chromosomique par induction spontanée du prophage λ pourrait également se produire, quoique dans une mesure difficile à évaluer, dans les croisements $ly^+ \times ly^+$ ou $F^+ly^- \times F^-ly^+$. Elle offre un modèle qui permet peut être de rendre compte des éliminations de segments telles que celles qui ont été décrites par J. Lederberg dans les diploïdes hétérozygotes (5) et par W. Hayes (4) dans les recombinants des souches Hfr.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Spectre d'adsorption de la sérumalbumine de Cheval au cours de la dénaturation alcaline.* Note de Mme **Barbara Robert** et Mlle **Maryse Jarrier**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les changements constatés dans le spectre d'absorption ultraviolet de la cristalbumine de Cheval en fonction du temps de séjour en milieu alcalin à l'air ou sous oxygène peuvent être rapprochés des changements que subit dans les mêmes conditions le spectre des acides aminés contenus dans cette cristalbumine.

En milieu alcalin, la cristalbumine de Cheval subit des changements de structure : ces groupements —SH—, masqués à l'état natif, sont libérés (à pH plus grand que 8,5) et deviennent autoxydables à l'air, à pH 10 (1), (2). Le rôle des groupements —SH— dans l'oxydation des protéines en milieu

(4) W. Hayes, *Cold Spring Harbor Symp.*, 18, 1953, p. 75.

(5) J. Lederberg, *Proc. Nat. Acad. Sc. Wash.*, 35, 1949, p. 178.

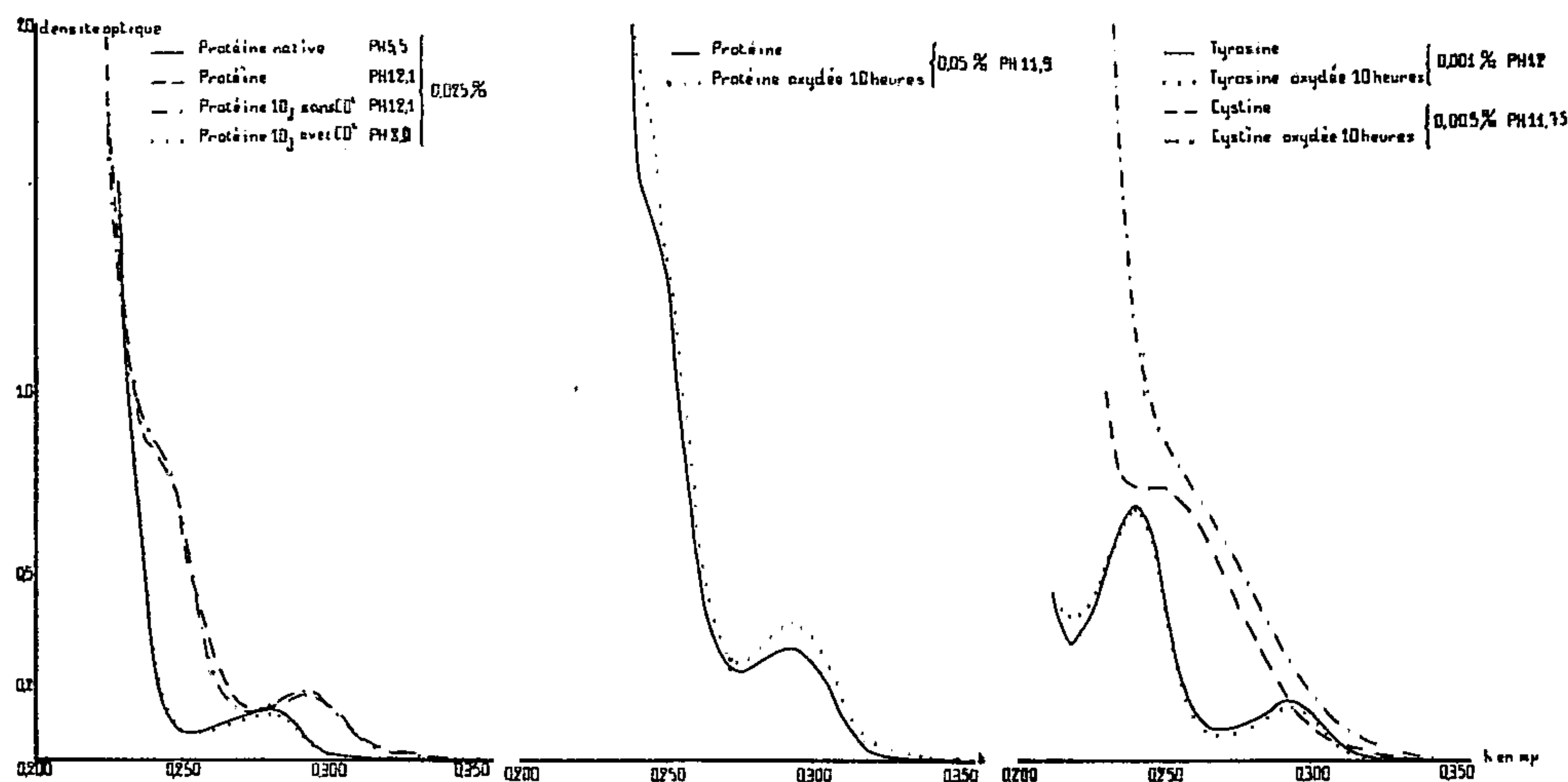
(1) M. Macheboeuf, B. Robert, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 35, 1953, p. 335.

(2) B. Robert, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 36, 1954, p. 253.

alcalin a été prouvé par l'étude cinétique de la réaction (méthode d'Anson : décoloration du bleu de méthylène et mesure manométrique de l'absorption d'oxygène).

L'oxydation des —SH— libérés en milieu alcalin semble être l'un des facteurs responsable de l'irréversibilité partielle ou totale de la dénaturation ([3]).

Sizer de plus, a montré que les acides aminés aromatiques peuvent être oxydés dans les protéines par le permanganate et par la polyphénoloxydase ([4]). Il était intéressant de savoir si la tyrosine intervient aussi dans l'oxydation alcaline des protéines. Nous avons donc étudié la variation du spectre d'absorption UV (spectrophotomètres Beckman DU et Unicam) en fonction du temps et du pH pour déterminer le rôle des acides aminés dans l'oxydation



des protéines. Une solution de 0,05 % de sérumalbumine à pH 5,5 présente un spectre caractéristique. Amenée à pH 12,1 à la température ambiante et à l'air, le maximum passe de 280 à 290 mμ, le minimum de 252 à 275 mμ, et l'absorption augmente fortement entre 230 et 275 mμ, avec une inflexion nette autour de 235 mμ. En l'absence de CO_2, le pH de la solution ne varie pas, même au bout de 10 jours, et le spectre conserve ses modifications caractéristiques. Mais à l'air ordinaire le pH descend à 8 au bout de 11 jours, sous l'influence du CO_2 et le spectre devient identique à celui de la protéine native. Les modifications spectrales sont donc liées aux variations du pH, et sont réversibles dans ces conditions.

Si l'on maintient pendant 10 h une solution de même composition à pH 12 en atmosphère d'oxygène (barbotage d'O_2 sous cloche à une vitesse de 1

([3]) G. Johansen, *C. R. Lab. Carlsberg, série chim.*, 88, 1953, p. 335.

([4]) I. W. Sizer, *in Adv. in Enzymol.*, 13, 1953, p. 129.

à 2 litres par heure) à l'obscurité, l'inflexion à 240 m μ devient moins accentuée, et la densité optique augmente de 235 à 350 m μ. En répétant ces mêmes expériences avec la cystine, on constate que l'inflexion caractéristique à 245 m μ s'atténue après 10 h d'oxydation à pH 12 et l'absorption augmente partout entre 230 et 250 m μ. Pour la tyrosine, après 10 h d'oxydation à pH 12, l'intensité de la bande à 292 m μ reste inchangée, et le spectre de la tyrosine dans ces conditions n'est pas comparable à celui de la Dopa. D'autre part on ne trouve pas la bande à 340 m μ, signalée par Sizer dans les protéines oxydées par la polyphénoloxydase, caractéristique des produits d'oxydation de la tyrosine. En calculant la teneur en tyrosine de la protéine selon la méthode de Goodwin et Morton ([5]), on trouve 3,27 et $3,09.10^{-4}$ mol. avant et après oxydation, ce qui montre également que la tyrosine ne semble pas être oxydée dans ces conditions.

Ainsi nous pouvons admettre que la tyrosine contribue aux changements du spectre UV de la protéine en milieu alcalin, mais uniquement des fonctions — SH — seraient responsables de l'absorption d'oxygène dans ces conditions.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les destinées de la lysine dans les règnes animal et végétal.* Note ([*]) de MM. **Paul Boulanger** et **Roger Osteux**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

La L-lysine uniformément marquée par ^{14}C est transformée en acide pipécolique radioactif en présence d'un homogénat de foie de Cobaye; elle donne d'autre part de l'acide pipécolique et de l'acide α-amino-adipique radioactifs dans le Haricot en germination. Les voies cataboliques de la lysine semblent donc bien analogues chez les animaux et les végétaux.

Si l'on se réfère aux travaux de ces dernières années, le catabolisme de la lysine ne paraît pas suivre les mêmes voies chez tous les êtres vivants. Borsook et coll. ([1]) ont observé le passage de la L-lysine à l'acide α-amino-adipique dans les homogénats de foie de Cobaye *in vitro*, et Boulanger et Biserte ([2]) ont fait des constatations favorables à la réalité de ce processus *in vivo*; d'autre part, la transformation ultérieure en acides glutarique, α-cétoglutarique et glutamique est actuellement bien établie (Rothstein et Miller, Miller et Bale) ([3]). Plus récemment, Boulanger et Osteux ([4]) ont décelé dans le foie de Dindon la présence d'une L-diaminoacide-déshydrogénase qui préside à la

([5]) G. H. Beaven, E. R. Holiday, *in Adv. in Prot. Chem.*, 7, 1952, p. 319.

([*]) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) *J. Biol. Chem.*, 176, 1948, p. 1383 et 1395.

([2]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1451.

([3]) *J. Biol. Chem.*, 206, 1954, p. 243; *Arch. Biochem. Biophys.*, 48, 1954, p. 361.

([4]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1409; 235, 1952, p. 524; 238, 1954, p. 406.

désamination cyclisante de la L-lysine en acide tétrahydropyridine-carboxylique ([5]), réductible catalytiquement en acide pipécolique; le foie de Dindon contient d'ailleurs normalement de petites quantités d'acide pipécolique. Enfin, Steward et coll. ([6]), Lowy ([7]), ont démontré chez le Haricot (*Phaseolus vulgaris*) la conversion de la L-lysine en acide pipécolique et expliqué ainsi la présence de cet amino-acide en grande abondance à l'état libre dans le règne végétal.

Or, deux points méritaient d'être précisés : d'une part, l'acide α-amino-adipique que l'on rencontre également chez les végétaux a-t-il la même origine que chez les animaux supérieurs, et d'autre part, la formation de l'acide pipécolique ou d'un précurseur est-elle limitée au règne végétal et aux Gallinacés? Pour essayer de répondre à ces questions, nous avons mis en œuvre deux séries d'expériences.

1° Des haricots ont été cultivés aseptiquement en présence de L-lysine uniformément marquée par ^{14}C (5 mg de dichlorhydrate = 6,25 μc); aux 4e et 7e jours, les différents organes ont été prélevés, homogénéisés, déféqués par l'alcool acétique, déminéralisés sur échangeur d'ions, et la fraction amino-acide chromatographiée sur papier en une et deux dimensions. Les autoradiogrammes des chromatogrammes et la détermination de la radio-activité au compteur de Geiger ont donné les résultats suivants :

	Radio-activité.		
	Lysine.	Acide pipécolique.	Acide α-amino-adipique.
Radicelles, 4e jour........	+++	++	+
» 7e ».........	+++	++	—
Cotylédons, 4e ».........	+	±	+++
» 7e ».........	—	±	—
Feuilles, tige, 7e jour.......	—	++	+

La fraction anodique obtenue par électrodialyse des aminoacides des cotylédons (4e jour) a donné en chromatographie une faible tache d'acide α-amino-adipique très radioactif et une tache beaucoup plus forte d'acide glutamique présentant une très légère radioactivité.

2° Un foie de Cobaye a été homogénéisé dans deux fois son volume de solution saline selon Borsook ([1]), et 3 ml de cette préparation ont été incubés pendant 4 h à 37,5°C, en aérobiose, en présence de L-lysine uniformément marquée par ^{14}C (2 mg de dichlorhydrate = 2,5 μc). La fraction « amino-

([5]) Il s'agit très probablement d'une désamination en α, car l'acide pipécolique obtenu par réduction catalytique est racémique, ce qui implique la perte de l'asymétrie du Cα.

([6]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 4341.

([7]) *Arch. Biochem. Biophys.*, 47, 1953, p. 228.

acides libres », obtenue comme précédemment, a été chromatographiée sur papier, en deux dimensions. Les autoradiogrammes des chromatogrammes ont révélé la présence d'une tache très radioactive superposable à celle de l'acide pipécolique et une très faible radioactivité dans la zone de l'acide α-amino-adipique.

Ces résultats constituent des arguments sérieux en faveur de l'analogie des destinées de la L-lysine dans l'échelle des êtres vivants. Il reste encore à déterminer si les transformations lysine → α-aminoadipique et lysine → pipécolique représentent deux voies métaboliques distinctes, ou si l'acide pipécolique n'est qu'une étape dans le passage de la lysine à l'acide α-aminoadipique.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Fractionnement des lipides du sérum par distribution à contre-courant.* Note de M. **Louis Douste-Blazy**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

A la suite de nos recherches concernant la séparation des lipides par chromatographie sur papier et par distribution à contre-courant [1], nous avons appliqué cette dernière méthode de fractionnement aux lipides du sérum et nous avons cherché à séparer les fractions phosphorées.

A partir d'un extrait lipidique de sérum humain, préparé selon la méthode de Bloor, nous avons effectué dans un appareil de type Craig, 50 transferts avec le couple de solvants suivants :

éther de pétrole (É 45-55°) 45,5 [2]; chloroforme 9,1;

acide acétique 21,6; alcool méthylique 21,6; eau 2,2.

Les phases de chaque tube étant évaporées sous vide, nous avons déterminé, sur les résidus, le poids des lipides totaux, dosé le cholestérol, le phosphore et les acides gras estérifiés, et identifié les substances aminées (par la ninhydrine) et la choline (par le phosphomolybdate).

Les résultats, résumés dans la courbe ci-contre, conduisent aux conclusions suivantes :

1° Nous avons mis en évidence au moins neuf fractions dont six fractions phospholipidiques, numérotées de I à IX par ordre de migration décroissante.

2° La fraction I, la plus facilement entraînée par la phase légère, contient :

d'une part, du phosphore lipidique réparti en deux clochers représentant respectivement 4 et 2 % du phosphore lipidique total;

d'autre part, du cholestérol (85 % du total), des acides gras esté-

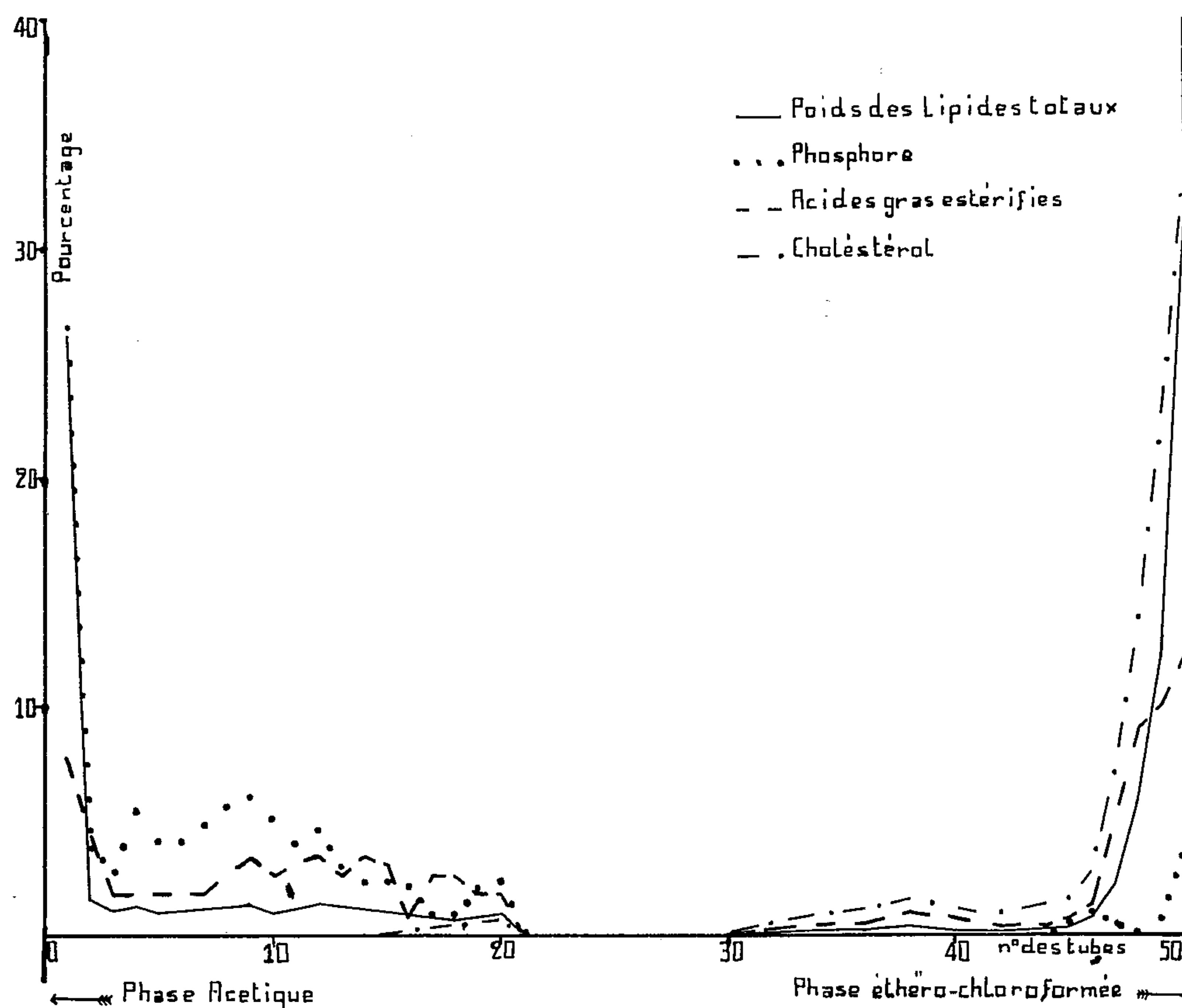
(1) L. Douste-Blazy, J. Polonovski et P. Valdiguié. *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1643.

(2) (°) exprimé en volumes.

rifiés (35 %), de la choline, des substances aminées qui manquent après électrodialyse de l'extrait lipidique initial : ce sont des impuretés azotées électivement accolées.

3° La fraction II, moins éthérosoluble que la première, contient du cholestérol (12 % du total), des acides gras estérifiés (8 %).

4° Nettement séparé des deux premières fractions, un ensemble de sept fractions, plus solubles dans la phase lourde, contenant toutes de la choline, et dont cinq renferment du phosphore.



Six d'entre elles sont déplacées par la phase non polaire :

fraction III, représentant : 6 % du phosphore total, 4 % des acides gras estérifiés, 3 % du cholestérol;

fractions IV et V, contenant surtout des acides gras estérifiés dans des proportions respectives de 6 et 8 %;

fraction VI, avec : 17 % du phosphore total, 8 % des acides gras estérifiés;

fraction VII, avec : 28 % du phosphore total, 14 % des acides gras estérifiés;

fraction VIII, avec : 11 % du phosphore total, 3 % des acides gras estérifiés.

Ces six fractions ne sont plus colorées par la ninhydrine après électrodialyse.

5° Une dernière fraction phosphorée, la fraction IX, insoluble dans la phase légère, ayant des propriétés hémolytiques et dont la coloration à la ninhydrine est atténuée par l'électrodialyse, renferme : 32 % du phosphore total, 14 % des acides gras estérifiés.

Ces recherches rejoignent les travaux de Lovern et de Cole [3] qui ont appliqué la distribution à contre-courant au fractionnement des lipides du cerveau et du placenta, dont ils sont parvenus à isoler plusieurs fractions.

Une étude analytique plus approfondie, concernant en particulier la séparation des glycérides et des phospholipides nous permettra de mieux identifier les lipides du sérum et d'en préciser le métabolisme.

MICROBIOLOGIE. — *Relation entre la sensibilité aux bactériophages des* Escherichia coli *des gastro-entérites infantiles et leurs caractères antigéniques et biochimiques.* Note [*] de MM. **Pierre Nicolle, Léon Le Minor**, Mme **Simone Le Minor** et M. **René Buttiaux** [1], présentée par M. Jacques Tréfouël.

La lysotypie des *Escherichia coli* des gastro-entérites infantiles est possible. Elle permet de pousser la subdivision des groupes O 111 : B_4, O 55 : B_5 et O 26 : B_6 plus loin qu'on ne peut le faire par les méthodes sérologiques et biochimiques. Dans plusieurs cas, on a démontré un parallélisme remarquable entre la sensibilité des cultures aux bactériophages et les caractères biochimiques et antigéniques flagellaires.

Plus de 3000 cultures d'*Escherichia coli* des groupes sérologiques O 111 : B_4, O 55 : B_5, O 26 : B_6 de provenances variées (France, Grande-Bretagne, Allemagne, Autriche, Italie, Yougoslavie, Suisse, Danemark, Finlande, Hongrie, A.O.F., Israël, Canada, États-Unis, etc.) ont été éprouvées par 200 bactériophages environ provenant de notre collection ou isolés de filtrats de selles de nourrissons atteints de gastro-entérite, convalescents et porteurs de germes.

1. *Gamme d'activité des phages.* — Certains phages agissent sur des cultures appartenant aux trois groupes; d'autres sur des cultures appartenant aux groupes O 111:B_4 et O 26:B_6; quelques-uns sur des cultures du seul groupe O 55:B_5. Enfin plusieurs sont dépourvus d'action sur les *E. coli* des

(3) P. G. Cole, G. H. Lathe et C. R. Ruthven, *Biochem. J.*, 54, 1953, p. 449-457; *Biochem. J.*, 55, 1953, p. 17-23; J. A. Lovern, *Biochem. J.*, 51, 1952, p. 464-470.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) Avec l'assistance technique de MM. P. Ducrest et G. Brault.

G. e. i. récemment isolés, mais ils lysent des cultures anciennes (dégradées) ou des *E. coli* étrangers à la gastro-entérite infantile. Ils sont donc utiles pour le contrôle de l'identité des germes et de leur bon état de conservation.

2. *Les « images lysotypiques »*. — Parmi les phages actifs sur les *E. coli* des G. e. i., certains ont lysé toutes les cultures d'un groupe; d'autres une partie seulement. On a ainsi obtenu trois séries d'*images de réactions aux bactériophages* qui ont permis de répartir la presque totalité des cultures de chaque groupe en types bactériophagiques distincts (provisoirement 10 lysotypes pour le groupe O 111 : B_4, 8 pour le groupe O 55 : B_5 et 6 pour le groupe O 26 : B_6).

Lorsque l'image lysotypique d'une culture à l'étude ne correspond à aucune des images déjà cataloguées, nous devons penser que cette culture n'est pas un vrai *E. coli* des G. e. i., ou qu'elle est mixte (O 111 : B_4 + O 55 : B_5, O 111 : B_4 + O 26 : B_6, O 55 : B_5 + O 26 : B_6), ou qu'elle est dégradée, ou enfin, éventualité devenue assez rare, qu'elle appartient à un nouveau type.

La lysotypie confirme donc le diagnostic sérologique des cultures étudiées. Elle donne même parfois une réponse plus nette. C'est ainsi que nous avons pu éliminer définitivement plusieurs cultures dont l'agglutination sur lame était douteuse.

3. *Stabilité des lysotypes*. — La plupart des lysotypes paraissent stables dans les foyers épidémiques. *In vitro*, certaines cultures se dégradent en donnant à la longue des images de plus en plus atypiques. Il est recommandé de pratiquer la lysotypie sur des bacilles récemment isolés. La méthode fournit ainsi des résultats valables, en particulier dans les études sur les épidémies de crèches.

4. *Parallélisme entre les données de la lysotypie et celles de la sérologie et de la biochimie* (Tableau I). — Dans plusieurs cas, nous avons observé un parallélisme parfait entre le lysotype d'une part et les caractères biochimiques et antigéniques flagellaires d'autre part ([2]) : à chacun des lysotypes Clichy, Bretonneau, Paris, Palerme, Saint-Christophers, Weiler, Birminghan et Warwick correspondent un antigène flagellaire et un ensemble de caractères biochimiques déterminés.

Bien qu'il soit actuellement limité à quelques lysotypes, il convient de souligner le double intérêt théorique et pratique de ce parallélisme. Une observation analogue avait été faite pour la sensibilité des *E. coli* G. e. i. aux antibiotiques et ses rapports avec certains lysotypes ([3]).

Dans d'autres cas, il arrive que plusieurs lysotypes bien distincts soient

---

([2]) On trouvera la description des caractères biochimiques et flagellaires dans la publication suivante : S. Le Minor, L. Le Minor, P. Nicolle et R. Buttiaux, *Ann. Inst. Pasteur*, 86, 1954, p. 204.

([3]) Y. Chabbert, S. et L. Le Minor et P. Nicolle, *Ann. Inst. Pasteur*, 1954 (sous presse).

pourvus du même antigène flagellaire et des mêmes propriétés biochimiques : les lysotypes Montparnasse, Sèvres, Tourcoing et Vienne ont tous l'antigène H_2 et appartiennent au biotype I. La lysotypie permet donc parfois d'effectuer une division des groupes sérologiques plus poussée que ne le permettent la sérologie et la biochimie.

TABLEAU I.

Nombre de cultures.	Provenance.	Groupe sérologique.	Réaction d'Alessandro (acide phényl-propionique).	Lysotype.	Antigène flagellaire.	Type biochimique.
114....	Paris	111 : B_4	+	Montparnasse	H_2	I
995....	Ubiquitaire	111 : B_4	+	Sèvres	H_2	I
555....	»	111 : B_4	+	Tourcoing	H_2	I
38....	Autriche	111 : B_4	+	Vienne	H_2	I
3....	France	111 : B_4	—	Clichy	H—	V
3....	Paris	111 : B_4	—	Paris	H ?	VII
14....	Palerme	111 : B_4	—	Palerme	H_{21}	VI
53....	Ubiquitaire	111 : B_4	—	Bretonneau	H_{12}	III ou IV
142....	Grande-Bretagne	55 : B_5	+	St. Christophers	H_2	D
63....	Ubiquitaire	55 : B_5	—	Weiler	H_7	E
369....	»	55 : B_5	—	Lomme	H_2, H_6, H ?	A, B_2, C
220....	»	55 : B_5	—	Béthune	H_6, H_{21}	A et G
41....	»	26 : B_6	—	Birmingham	H_{11}	2
83....	»	26 : B_6	—	Warwick	H—	I

H—, pas d'antigène flagellaire, même après épreuve de « mobilisation ».
H ?, antigène flagellaire différent de ceux qui portent les numéros de 1 à 22.

N. B. — Les lysotypes qui figurent dans ce tableau sont donnés à titre d'exemple. Leur nombre est loin d'être complet.

Enfin, on a constaté que certains lysotypes n'étaient pas antigéniquement et biochiquement homogènes : parmi les cultures du type Lomme, nous avons trouvé les antigènes flagellaires H_2, H_6 et H inconnu et les biotypes A, B_2 et C. Une observation du même ordre a été faite pour le lysotype Béthune (H_6, H_{21} ; A et G). Mais nous avons des raisons de penser qu'avec une nouvelle série de phages nous pourrons obtenir au moins autant de lysotypes qu'il a été déterminé de types par les deux autres méthodes.

La séance est levée à 15 h 35 m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 AOUT 1954.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE CAULLERY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** informe l'Académie qu'à l'occasion de la fête de l'Assomption, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 18 au lieu du lundi 16.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Observations du champ électrique de l'atmosphère, faites à Monaco pendant l'éclipse partielle du Soleil du 20 juin* 1954. Note de M. **JULES ROUCH**.

Les observations du champ électrique de l'atmosphère faites à Monaco pendant l'éclipse du 20 juin 1954 ont donné un champ très fort après le milieu de l'éclipse.

Pendant l'éclipse partielle du Soleil du 20 juin 1954, qui fut visible à Monaco entre 12 h 35 mn et 15 h 5 mn environ (heures civiles) j'ai exécuté une série de mesures de champ électrique de l'atmosphère simultanément à l'aide d'un électromètre bifilaire à lectures directes de Wulf, et d'un électroscope d'Elster et Geitel, avec collecteur de potentiel au radium de forme conique, fabriqué suivant les directives de l'Institut de Physique du Globe de Paris, et supporté par une canne d'ébonite.

Les observations ont été faites toutes les minutes dans les conditions indiquées dans les *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1485.

Le tableau suivant donne la valeur du champ à 70 m d'altitude en volts par mètre toutes les 5 mn, cette valeur étant la moyenne des cinq observations effectuées dans les 5 mn précédentes.

Pendant la durée de l'éclipse le ciel a été complètement pur, sans aucun nuage, le vent faible oscillant entre le Sud-Ouest et l'Ouest force 1 à 2 Beaufort. Ce sont ces conditions atmosphériques particulièrement favorables qui donnent un intérêt à nos observations. Les observations que nous avions faites pendant l'éclipse du 28 avril 1949 (*Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1547) n'avaient pas joui d'un temps aussi favorable.

Jusqu'au milieu de l'éclipse, le champ électrique peut être considéré comme normal. Les valeurs moyennes observées précédemment au même

endroit, et sensiblement à la même heure, sont de 315 V/m en juin, 336 V en juillet, pour une nébulosité égale à 0 (*Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1946).

Heures civiles.	(V/m).		Heures civiles.	(V/m).	
12h10	290		13h40	310	
15	345		45	310	
20	340		50	330	
25	315		55	345	Milieu de l'éclipse
30	315				
35	330	Commencement de l'éclipse	14h00	330	
			05	450	
40	280		10	550	
45	260		15	660	
50	180		20	660	
55	195		25	580	
13h00	200		30	565	
05	290		35	545	
10	305		40	475	
15	370		45	465	
20	310		50	420	
25	310		55	365	
30	340		15h00	400	
35	340		05	360	Fin de l'éclipse

Après le milieu de l'éclipse, le champ a une poussée très forte dépassant pendant 30 mn 500 V/m, et atteignant plus de 600 V pendant 10 mn.

Il serait intéressant de comparer ces résultats à d'autres observations du même genre faites pendant l'éclipse.

CORRESPONDANCE.

La Société italienne de physique invite l'Académie à se faire représenter à une cérémonie organisée en l'honneur du Centenaire de la mort de *Macedonio Melloni* Correspondant de l'Académie, qui aura lieu, à Parme, le 5 septembre 1954.

THÉORIE DES GROUPES. — *Étude géométrique d'une classe d'espaces homogènes.* Note de M. **Jacques Tits**, présentée par M. Jean Leray.

On définit, pour une classe donnée d'espaces homogènes, des « Π'-plans » qui généralisent les variétés linéaires des espaces projectifs, et on énonce à leur sujet une série de propositions, concernant notamment leurs relations d'inclusion et d'intersection, qui redonnent dans le cas particulier des espaces projectifs les principales propriétés d'inclusion des variétés linéaires.

1. Soient G un groupe de Lie complexe semi-simple connexe, $\overline{G}$ son algèbre de Lie, $\overline{C}$ une sous-algèbre de Cartan, $\Sigma = \{\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_r\}$ un système de

racines simples de $\overline{G}$ et Π, Π', Π'', etc. des parties de Σ (c'est-à-dire des ensembles de racines appartenant à Σ). Quel que soit $\Pi \subseteq \Sigma$, nous appellerons $\overline{G}(\Pi)$ la sous-algèbre de $\overline{G}$ engendrée par $\overline{C}$ et par les vecteurs propres e_α correspondant aux racines $\alpha = \Sigma k_i \alpha_i$ (k_i entiers) telles que $k_i \geqq 0$ pour tout $\alpha_i \in \Pi$, $G(\Pi)$ le sous-groupe connexe de G engendré par $\overline{G}(\Pi)$, $G[\Pi]$ l'espace homogène $G/G(\Pi)$ et $p(\Pi)$ le point de $G[\Pi]$ représentant $G(\Pi)$.

L'espace $G[\Pi]$ *est entièrement déterminé par* $\overline{G}$ *et* Π. Les espaces $G[\Pi]$ définis à partir des divers groupes G et des divers ensembles de racines Π seront nommés R-*espaces*. A tout R-espace $G[\Pi]$ nous associerons le schéma obtenu à partir de la figure de Schläfli de Σ en y marquant d'un ● les sommets représentant les racines simples appartenant à Π; ainsi les schémas ●—·—·—· et ●—·—·—|—· représentent respectivement un espace projectif à quatre dimensions et une hyperquadrique à huit dimensions. Deux R-espaces sont isomorphes si et seulement si leurs schémas diffèrent seulement par des composantes connexes dont aucun sommet n'est marqué.

Nous dirons que Π'' sépare Π et Π', et nous écrirons $\Pi|\Pi''|\Pi'$, si aucune composante connexe de la figure de Schläfli du complémentaire de Π'' dans Σ ne contient simultanément des racines simples appartenant à Π et des racines simples appartenant à Π'. La plus petite partie Π'' de Π' telle que $\Pi|\Pi''|\Pi'$ sera nommée $\Pi' \bmod \Pi$; si $\Pi' = \Pi' \bmod \Pi$, Π' sera dit réduit $\bmod \Pi$.

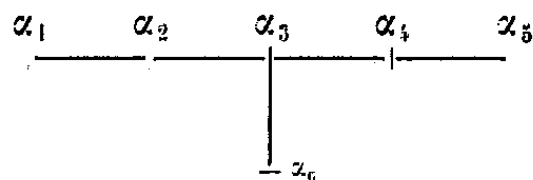
Nous dirons encore qu'un point de $G[\Pi]$ et un point de $G[\Pi']$ sont incidents s'ils sont transformés des points $p(\Pi)$ et $p(\Pi')$ par un même élément de G, et nous appellerons Π'-plan de $G[\Pi]$ le lieu des points de $G[\Pi]$ qui sont incidents à un point donné de $G[\Pi']$. Les Π'-plans de $G[\Pi]$ ne dépendent que de $\Pi'' = \Pi' \bmod \Pi$ et si $\Pi'' = \Pi'$, la correspondance entre les points de $G[\Pi']$ et les Π'-plans de $G[\Pi]$ est biunivoque; dans ce cas, $G[\Pi']$ peut donc être interprété géométriquement comme l'espace des Π'-plans de $G[\Pi]$.

2. *Propriétés des* Π'-*plans*. — 2.1. Soient ϖ un Π'-plan donné de $G[\Pi]$. Le sous-groupe des éléments de G qui conservent ϖ induit sur ϖ un groupe transitif de transformations; ϖ est donc lui-même un espace homogène. *Considéré de ce point de vue,* ϖ *est un* R-*espace et son schéma s'obtient en retirant du schéma de* $G[\Pi]$ *les sommets appartenant à* Π'.

2.2. *Soient* Π' *et* Π'' *réduits mod* Π. *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un* Π'-*plan de* $G[\Pi]$ *puisse contenir un* Π''-*plan est* $\Pi|\Pi''|\Pi'$. *Lorsqu'elle est remplie, un point* p' *de* $G[\Pi']$ *et un point* p'' *de* $G[\Pi'']$ *sont incidents si et seulement si le* Π'-*plan* ϖ' *et le* Π''-*plan* ϖ'' *de* $G[\Pi]$ *qu'ils représentent respectivement sont incidents au sens usuel* (*c'est-à-dire si* $\varpi' \supset \varpi''$); *de plus, les* Π''-*plans contenus dans un* Π'-*plan donné* ϖ' *sont les* Π'''-*plans de* ϖ' (*cette expression a un sens en vertu de* 2.1), *où* Π''' *s'obtient en retirant de* Π'' *l'intersection* $\Pi' \cap \Pi''$.

2.3. *Si un* Π'-*plan donné* ϖ' *et un* Π''-*plan donné* ϖ'' *de* $G[\Pi]$ *se coupent, leur intersection est un* Π'''-*plan, où* Π''' *dépend des* ϖ' *et* ϖ'' *envisagés.*

3. *Applications.* — Soit par exemple $\overline{G} = E_6$, les α_i étant numérotés comme suit :



L'espace $E = G[\alpha_1]$ a 16 dimensions ; c'est le « complexifié » du plan projectif des octaves de Cayley. Nous énoncerons à présent quelques propriétés de E qui sont conséquences immédiates des propositions du n° 2 ; nous ferons usage de la notation abrégée suivante : V_i = variété linéaire à i dimensions. Les α_5-plans de E sont des hyperquadriques Q_8 à 8 dimensions. Les Π'-plans, avec $\Pi' = \{\alpha_2\}$, $\{\alpha_3\}$, $\{\alpha_4, \alpha_6\}$, $\{\alpha_4\}$, $\{\alpha_5, \alpha_6\}$, sont respectivement les V_1, les V_2, les V_3 et les V_4 des deux modes, soient V_4^m et V_4^μ, de ces Q_8. Deux α_5-plans distincts quelconques se coupent suivant un point, une V_1, une V_2, une V_3 ou une V_4^m. L'espace des α_5-plans qui passent par un point (resp. une V_1, une V_2, une V_3, une V_4^m) donné est isomorphe à une hyperquadrique à 8 dimensions (resp. un espace projectif à 4, 2, 1, 1 dimensions). Les α_6-plans sont des espaces projectifs à 5 dimensions. Si un α_6-plan donné rencontre un α_5-plan donné, il le coupe suivant une droite (V_1) ou une V_4, etc. De nombreux problèmes relatifs à la géométrie de E peuvent ainsi être ramenés à des problèmes concernant des espaces plus simples (espaces projectifs, hyperquadriques, etc.).

On peut étudier de façon analogue les autres R-espaces de E_6, ainsi que les R-espaces des autres groupes exceptionnels.

THÉORIE DES CORPS VALUÉS. — *Prolongement analytique dans les corps valués complets : éléments analytiques, préliminaires du théorème d'unicité.* Note de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Paul Montel.

On sait que la méthode ordinaire de prolongement analytique est illusoire dans les corps valués (¹) complets, les développements de Taylor ne permettant pas de sortir du cercle de convergence. Une autre méthode d'un tel prolongement, à l'aide des limites des suites de fractions convergeant uniformément sur les domaines quasi connexes (²) des corps algébriquement fermés, est énoncée dans la présente Note.

Soient K un corps valué complet algébriquement fermé, $K' = K \cup \{\infty^*\}$ son « corps projectivisé » (²), D un domaine quasi connexe de K'. Une fonction $f(x)$, définie sur D et à valeurs dans K, sera dite un *élément analytique de* K de *support* D s'il existe une suite $f_1(x)$, $f_2(x)$, ..., $f_n(x)$, ... de fonctions rationnelles à coefficients dans K et sans pôles dans D, qui converge *unifor-*

(¹) Le terme *corps valué* est employé dans le sens de *corps valué non-archimédien de rang* 1 de certains auteurs.

(²) *Voir* ma Note précédente des *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2385. Ces ensembles sont analogues, du point de vue de prolongement analytique, aux domaines ouverts connexes du plan complexe.

mément vers $f(x)$ *sur* D. [On voit facilement qu'on ne change pas la notion d'élément analytique si l'on assujettit la suite précédente des $f_n(x)$ à la condition plus faible suivante : pour tout $\varepsilon > 0$, il existe un indice $n(\varepsilon)$ tel que, pour tout $n \geqq n(\varepsilon)$ et pour tout $x \in$ D, qui n'est pas un pôle de $f_n(x)$, on ait $|f(x) - f_n(x)| < \varepsilon$ et $f(x) = \lim f_n(x)$ partont sur D; en effet, si $m \geqq n(\varepsilon)$ et $n \geqq n(\varepsilon)$, $f_n(x)$ ne peut avoir d'autres pôles dans D que ceux de $f_m(x)$, car si π était un tel pôle, on aurait pu l'entourer d'un cercle $|x - \pi| \leqq l$ de rayon l assez petit pour qu'il ne contienne aucun pôle de $f_m(x)$. Alors, $|f_m(x)|$ a une borne supérieure B sur ce cercle et on y a $|f(x)| \leqq \text{Max}(B, \varepsilon)$. Mais, puisque π est un pôle de $f_n(x)$, il existe un x appartenant à ce cercle, sans être un pôle de $f_n(x)$, et tel que $|f_n(x)| > \text{Max}(B, \varepsilon)$. On a donc $|f_n(x)| > |f(x)|$, d'où $|f(x) - f_n(x)| = |f_n(x)| > \varepsilon$, contre l'hypothèse. Donc, par symétrie, tous les $f_n(x)$, $n \geqq n(\varepsilon)$, ont les mêmes pôles dans D, et, si π en est un, il est impossible que $f_n(\pi) = f(\pi)$. Il n'en existe donc pas, et, en supprimant dans la suite donnée un nombre fini de termes, on obtient une suite des $f_n(x)$ sans pôles dans D, qui y converge uniformément vers $f(x)$]. Si k est un sous-corps de K, $f(x)$ est dite un *k-élément analytique de* K quand on peut choisir la suite des $f_n(x)$ de manière que les coefficients appartiennent à k.

Théorème d'unicité. — *Deux éléments analytiques $f(x)$ et $f^*(x)$ de* K *à supports non disjoints* D *et* D* *coïncident sur* $D \cap D^*$ *si leurs valeurs sont égales sur un sous-ensemble de* $D \cap D^*$, *ayant un point limite dans* $D \cap D^*$.

Ce théorème équivaut à son cas particulier $D^* = K'$, $f^*(x) = 0$, autrement dit à la proposition : *un élément analytique est identiquement nul sur son support* D *s'il l'est sur un* $\Delta \subseteq D^*$ *ayant un point limite* $\in$ D. En effet, $f(x) - f^*(x)$ est définie sur $D \cap D^*$ et y est la limite uniforme de la différence des suites de fractions rationnelles, qui y convergent uniformément vers $f(x)$ et $f^*(x)$. Comme $D \cap D^*$ est quasi-connexe ([2]), cette fonction est un élément analytique de K avec ce support et satisfait aux hypothèses de l'énoncé considéré. Si cet énoncé est prouvé, $f(x) - f^*(x)$ est identiquement nulle sur $D \cap D^*$, et l'on y a $f(x) = f^*(x)$.

En vue de la démonstration de cette proposition, je vais rappeler quelques résultats connus ([3]), sur les séries de Taylor dans les corps valués complets et introduire quelques notions. Soit K un corps valué complet, $\mathfrak{k}$ sa fermeture algébrique valuée, $g(x) = \Sigma a_i x^i (i = 0, 1, 2, \ldots)$ une série de Taylor à coefficients dans K. Si $x \in$ K appartient au cercle de convergence de $g(x)$ et si $r = |x|$, $M(g; r) = \text{Max}|a_i x^i| = \text{Max}|a_i| r^i$ existe, est une fonction continue de r, positive pour $r > 0$ et exponentielle « par morceaux », et l'indice i du terme maximal (en valuation) $a_i x^i$ de $g(x)$ ne change qu'au passage par les

([3]) *Voir* mes Notes des *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 37, 165, 363 ou W. Schöbe, *Thèse*, Université de Halle, 1930, Helios-Verlag, Münster.

valeurs de $r = |x|$ telles qu'il existe dans $\mathfrak{k}$ des zéros ζ de $g(x)$ de valuation $|\zeta| = r$. On a $|g(x)| \leqq M(g; |x|)$, le signe $<$ ayant lieu si, et seulement s'il existe un zéro ζ de $g(x)$ dans $\mathfrak{k}$ tel que $|x - \zeta| < |x|$. On a, en particulier, $|g(x)| = M(g; |x|)$ quand $g(x)$ ne possède aucun zéro de valuation $|x|$ dans $\mathfrak{k}$. Si la valuation de K est dense (et, *a fortiori*, s'il est algébriquement fermé), on a $M(g; r) = \text{Sup}\,|g(x)|(|x| = r)$. Une série de Taylor est identiquement nulle si elle l'est sur un ensemble de son cercle de convergence ayant o comme point limite. Une fraction rationnelle $f(x) \in K(x)$ est développable en une série de Taylor convergeante dans tout cercle $C \subseteq \mathfrak{k}$ (de centre o) ne contenant aucun pôle de $f(x)$. Si K n'est pas localement compact (et, *a fortiori*, si sa valuation est dense) et si $g_n(x)$ est une suite de séries de Taylor à coefficients dans K, qui converge uniformément sur un cercle $C \subseteq K$, sa limite $g(x)$ est développable en une série de Taylor, qui converge sur C.

Ceci étant, si $f(x) = g(x) : h(x)$ est une fraction rationnelle $\in K(x)$ (où $g(x)$, $h(x) \in K[x]$), on pose, pour $r > 0$, $M(f; r) = M(g; r) : M(h; r)$. $M(f; r)$ ne dépend pas, en vertu du lemme de Gauss, du choix des $g(x)$, $h(x)$, est une fonction continue, positive et exponentielle par morceaux de $r > 0$, et on a $|f(x)| \leqq M(f; |x|)$ s'il n'existe aucun pôle π de $f(x)$ dans $\mathfrak{k}$ tel que $|x - \pi| < |x|$. On a, *a fortiori*, cette inégalité, si aucun pôle de $f(x)$ dans $\mathfrak{k}$ n'a la valuation $r = |x|$; si, en plus, la valuation de K est dense, on a $M(f; r) = \text{Sup}\,|f(x)|(|x| = r)$. S'il n'existe aucun pôle π de $f(x)$ dans $\mathfrak{k}$ tel que $|\pi|$ appartienne à l'intervalle ouvert (r_1, r_2) de l'axe réel et si, dans quelque sous-intervalle non vide de (r_1, r_2), on a $M(f; r) = cr^q$, on a, pour tout r appartenant à l'intervalle fermé $[r_1\ r_2]$, $cr^q \leqq M(f; r)$: en effet, si $g(x) : h(x)$ est la forme irréductible de $f(x)$, aucun zéro de $h(x)$ dans $\mathfrak{k}$ n'a sa valuation dans (r_1, r_2), et le terme maximal $b_j x^j$ de $h(x)$ reste le même dans tout l'intervalle fermé $[r_1, r_2]$; si $a_i x^i$ est le terme maximal de $g(x)$ dans quelque partie ouverte du sous-intervalle considéré de (r_1, r_2), on a, dans cette partie ouverte, $cr^q = |a_i| r^i : |b_j| r^j$, d'où $c = |a_i b_j^{-1}|$ et $q = i - j$. Mais, pour tout $r \in [r_1, r_2]$, on a $M(h; r) = |b_j| r^j$ et $|a_i| r^i \leqq M(g; r)$, d'où $cr^q \leqq M(g; r) : M(h; r) = M(f; r)$.

ANALYSE COMBINATOIRE. — *Sur une généralisation des polynomes d'Hermite en relation avec le dénombrement des permutations de n objets ne présentant pas de cycles d'ordre supérieur à un entier donné p.* Note (*) de M. **René Gouarné**, présentée par M. Joseph Pérès.

Étudions les polynomes $G(n, p)$ obéissant à la récurrence :

(1) $$G(n, p) = xG(n-1, p) + (n-1)G(n-2, p) + \ldots + (n-1)(n-2)\ldots(n-p+1)G(n-p, p).$$

(*) Séance du 26 juillet 1954.

On a

$$\frac{dG(n, p)}{dx} = nG(n-1, p), \quad (2)$$

$$ny = xy' + y'' + y''' + \ldots + \frac{d^p y}{dx^p} \quad \text{avec} \quad y = G(n, p). \quad (3)$$

On donne aussi la fonction génératrice et une expression de $G(n, p)$ en fonction des $G(k, p-1)$.

Soit $g(n, p)$ le nombre des permutations du groupe symétrique G d'ordre $n!$ qui ne présentent pas de cycles portant sur plus de p objets; on a

$$\begin{aligned} g(n, p) = g(n-1, p) + (n-1)g(n-2, p) + \ldots \\ + (n-1)(n-2)\ldots(n-p+1)g(n-p, p), \end{aligned}$$

avec

$$g(n, p) = n! \quad \text{si} \quad p \geqq n \quad \text{et} \quad g(n, 1) = 1.$$

Étudions les polynomes $G(n, p)(x)$ obéissant à la relation (1) et tels que

$$G(n, p)(1) = g(n, p).$$

On voit que

$$G(n, 1) = x^n, \qquad G(n, 2) = (-i)^n H_n(ix),$$

où $H_n(x)$ est le polynome d'Hermite de degré n.

On sait que $H'_n(x) = nH_{n-1}(x)$ autrement dit que $G'(n, 2) = nG(n-1, 2)$ de même que $G'(n, 1) = nG(n-1, 1)$. Plus généralement, si la propriété est supposée vraie pour $m < n$, on a, d'après (1) :

$$\begin{aligned} G'(n, p) &= G(n-1, p) + xG'(n-1, p) + (n-1)G'(n-2, p) + \ldots \\ &\quad + (n-1)(n-2)\ldots(n-p+1)G'(n-p, p) \\ &= G(n-1, p) + (n-1)[xG(n-2, p) + (n-2)G(n-3, p) + \ldots \\ &\quad + (n-2)(n-3)\ldots(n-p)G(n-p-1, p)]. \end{aligned}$$

On est donc conduit à la relation

$$\frac{dG(n, p)}{dx} = nG(n-1, p) \quad (2)$$

quel que soit n, puisqu'elle est vraie pour $n = 1, 2, \ldots$ d'où encore :

$$G(n, p)(y) = \sum_{m=0}^{n} C_n^m (y-x)^m G(n-m, p)(x).$$

Compte tenu de la récurrence on en déduit l'équation différentielle :

$$ny = xy' + y'' + \ldots + \frac{d^p y}{dx^p}, \quad \text{où} \quad y = G(n, p). \quad (3)$$

Posons

$$G(n, p+1) = \sum_{l=0}^{n} \pi_l G(n-l, p).$$

Transportons cette expression dans l'équation différentielle (3) satisfaite par

$G(n, p+1)$; on a, du fait des propriétes différentielles des polynomes $G(n-l, p)$:

$$l\pi_l - (n-l+p+1)(n-l+p)(n-l+p-1)\ldots(n-l+1)\pi_{l-p-1} = 0;$$

d'où l'expression

$$(4) \qquad G(n, q) = \sum_{l=0}^{\left(\frac{n}{q}\right)} \frac{n!}{q^l l!\,(n-ql)!} G(n-ql, p),$$

où $q = p+1$ tandis que (n/q) désigne la partie entière de n/q.

Considérons la série

$$F(p) = \sum_{n=0}^{\infty} G(n, p)\frac{u^n}{n!}.$$

On a

$$F(p+1) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{l=0}^{\left(\frac{n}{q}\right)} \frac{u^n}{n!} \frac{n!}{q^l l!(n-ql)!} G(n-ql, p) = F(p)\, e^{\frac{u^q}{q}}.$$

Comme $F(1) = e^{ux}$ on a

$$F(q) = \exp\left(xu + \frac{u^2}{2} + \ldots + \frac{u^q}{q}\right).$$

Appendice. — A partir d'une famille de polynomes récurrents obéissant à une relation

$$\Gamma(n) = [\alpha(n)x + \beta(n)]\Gamma(n-1) - \gamma(n-1)\Gamma(n-2),$$

on peut définir des suites de polynomes à deux indices :

$$\Gamma(n, p) = [\alpha(n)x + \beta(n)]\Gamma(n-1, p) - \gamma(n-1)\Gamma(n-2) + \ldots$$
$$+ (-1)^p\gamma(n-1)\gamma(n-2)\ldots\gamma(n-p+1)\Gamma(n-p, p).$$

Le caractère d'orthogonalité n'est pas conservé pour p quelconque; dans le cas précédent $\gamma(n-i) = -(n-i)$.

On obtient également des propriétés intéressantes à partir des polynomes de Laguerre, comme il est aisé de le prévoir, compte tenu des relations qui existent entre eux et les polynomes d'Hermite.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Étude expérimentale de la période du jet inducteur dans une trompe à liquides.* Note (*) de M. **Roger Curtet**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons montré dans une Note précédente (1) qu'il pouvait exister, suivant les valeurs de q/q_1 et de D_M/D_1 considérées, trois aspects essentiels de l'écoulement dans

(*) Séance du 2 août 1954.

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 387.

une trompe à liquides. C'est ainsi que, en particulier, pour une valeur donnée de D_M/D_1, le jet inducteur commence à osciller régulièrement lorsque le rapport q/q_1 devient inférieur à une certaine valeur.

Soit T la période du jet pour un rapport q/q_1. L'expérience a montré que la période T dépend essentiellement de q, q_1, D_M et D_1. L'analyse dimensionnelle conduit, si la viscosité n'a pas d'influence, à une relation de la forme $qT/D_M^2 = f(q/q_1, D_M/D_1)$ (1).

En vue de déterminer la fonction f par l'expérience, nous avons maintenu, au cours d'un premier essai, un débit q_1 constant pour un rapport D_M/D_1 déterminé. Nous avons fait varier le débit q de o à q_i, la période T variant corrélativement de T_0 à ∞. Puis nous avons considéré d'autres débits q_1 pour

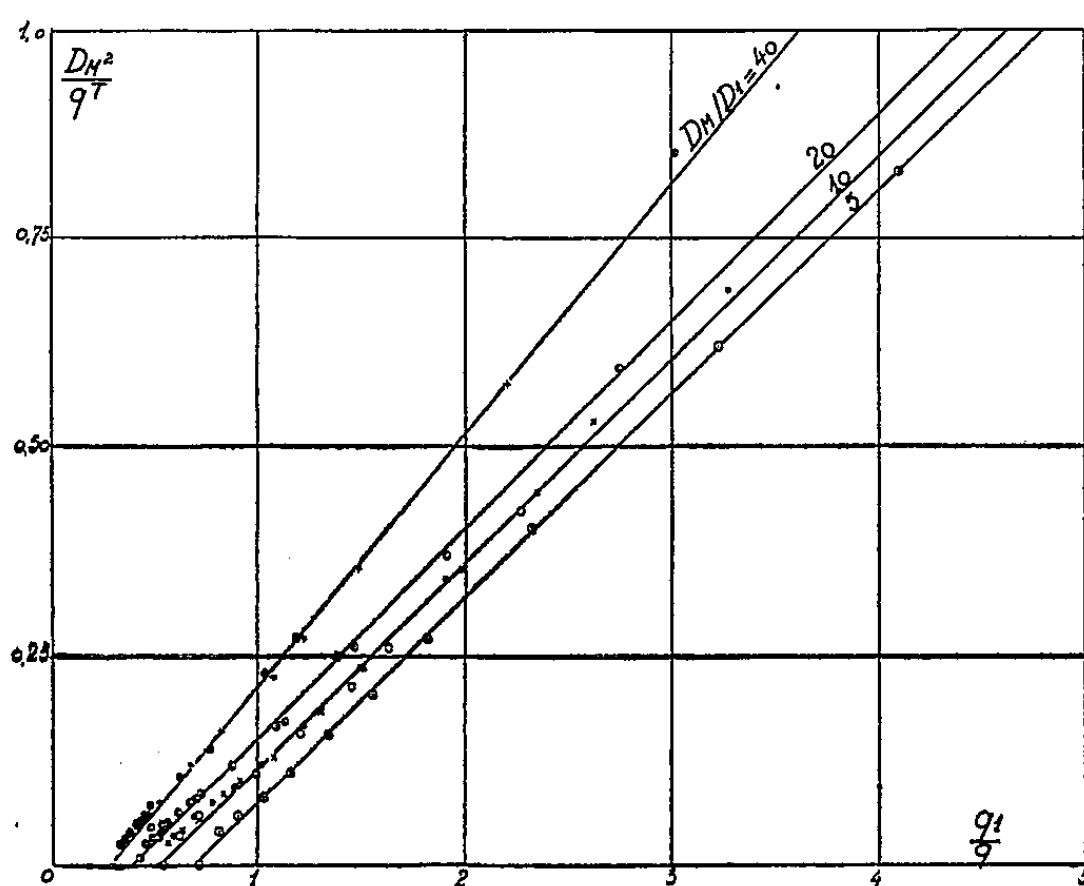


Fig. 1.

le même rapport D_M/D_1 et avons à nouveau étudié la variation de T en fonction de q.

Nous avons répété les mêmes opérations pour plusieurs valeurs de D_M/D_1 (5, 10, 20 et 40).

Les résultats expérimentaux ont été portés sur la figure 1 dans le système d'axes q_1/q et D_M^2/qT. On constate : 1° que pour un certain rapport D_M/D_1, les points se répartissent convenablement autour d'une courbe, quel que soit le débit inducteur de référence q_1 : cela montre que dans la gamme de nos essais la fonction f ne dépend pas du nombre de Reynolds $R_1 = q_1/\nu$ (ν viscosité de l'eau à 12°); 2° que la relation entre q_1/q et D_M^2/qT est sensiblement linéaire : $D_M^2/qT = Aq_1/q + B$ (2), les coefficients A et B dépendant de D_M/D_1. La pente A de la droite a été mesurée sur la figure 1 et la courbe de variation de A en fonction de D_M/D_1 a été portée sur la figure 2.

Mais la constante A peut être déterminée expérimentalement d'une autre manière. En effet, l'équation (2) peut s'écrire : $D_M^2 = Aq_1T + BqT$ et pour $q=0$, si T_0 est la période du jet : $q_1T_0/D_M^2 = 1/A$ (3). Nous avons donc opéré à débit total nul et avons fait varier le débit inducteur q_1 pour le rapport D_M/D_1 donné ; nous avons mesuré la période T_0 correspondante. Nous avons répété les essais pour les divers rapports D_M/D_1 déjà considérés ci-dessus. L'expérience permet d'une part de contrôler que le nombre q_1T_0/D_M^2 ne dépend que de D_M/D_1 (*fig.* 3) ; elle montre d'autre part, que les valeurs de A obtenues en expérimentant à débit nul et celles déduites de la formule (2) à débit variable coïncident de

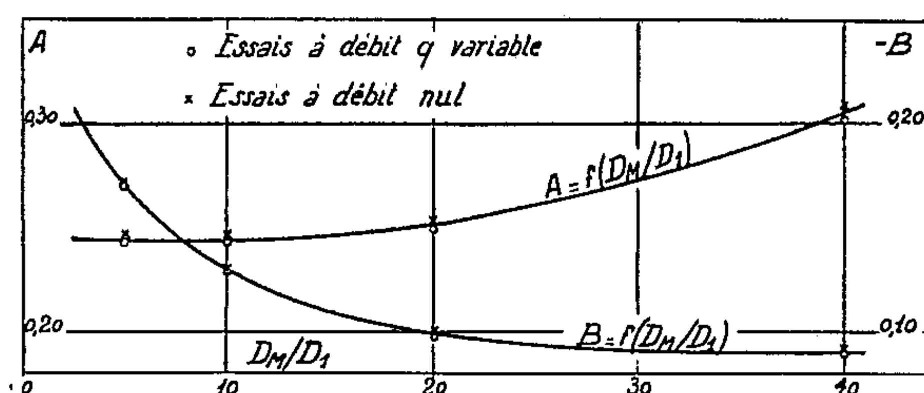


Fig. 2.

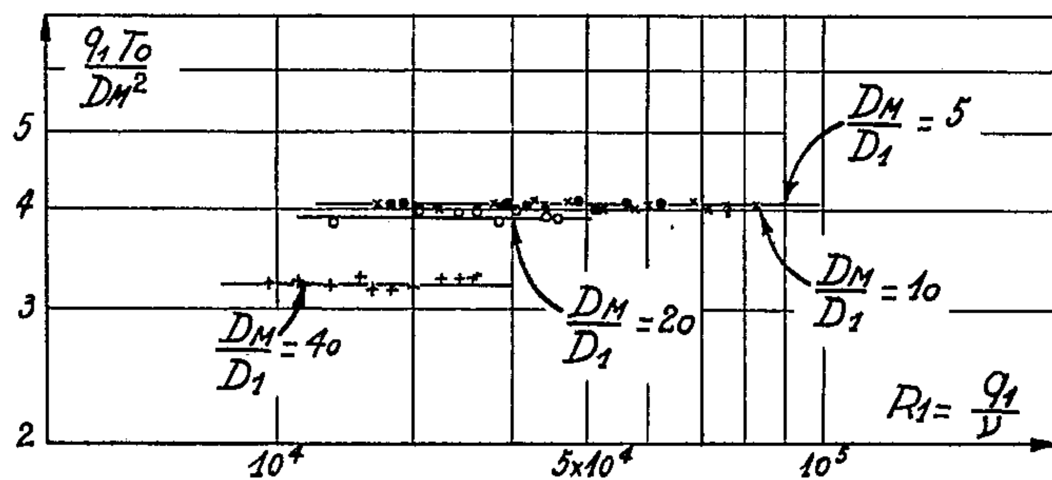


Fig. 3.

manière satisfaisante (*fig.* 2). La relation entre A et D_M/D_1 peut être exprimée, dans la gamme de nos mesures par : $A = 0,244 + 0,95 . 10^{-6}(D_M/D_1)^3$.

Le coefficient B de l'équation (2) est donné par : $B = -Aq_1/q_i$; sa variation expérimentale en fonction de D_M/D_1 a été représentée par une courbe portée sur la figure 2.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'extension de l'analogie de Reynolds à l'évaporation.* Note de M. **Maurice L. Albertson**, présentée par M. Joseph Pérès.

On doit à Reynolds [1] une analogie entre le transfert de chaleur et celui des

(1) *Proc. lit. and Phil. Soc. of Manchester*, 14, 1874.

quantités de mouvement dans les écoulements turbulents dans les conduites, exprimée par les relations

$$(1) \qquad \frac{\tau}{\rho} = (\nu + \varepsilon)\frac{du}{dy}; \qquad \frac{q}{\rho c_p} = \left(\frac{\nu}{\sigma} + \varepsilon\right)\frac{dT}{dy}$$

où τ est le taux de transfert des quantités de mouvement; q, le taux de transfert de chaleur; ρ la densité; u et T respectivement la vitesse et la température au point de cote y; σ, le nombre de Prandtl ν/α; c_p, la chaleur spécifique à pression constante. Lorsque :

$$(2) \qquad \sigma = 1 \quad \text{ou} \quad \varepsilon > \nu \quad \text{et} \quad \varepsilon \gg \frac{\nu}{\alpha},$$

(1) donnent, en posant $[C_f = (2\tau/\rho U^2)]$, $[C_h = (q/\rho c_p U \Delta T)]$,

$$(3) \qquad C_h = \frac{1}{2} C_f.$$

Lorsque (2) n'est pas satisfaite, l'analogie doit être étendue aux effets de paroi. C'est ce qu'ont tenté de faire Taylor et Prandtl, Hoffmann, Mattioli et Karman ([2]). Nous utilisons la généralisation de Karman, dont la formule s'écrit :

$$(4) \qquad \frac{1}{C_h} = \frac{2}{C_f} + 5\sqrt{\frac{2}{C_f}}\left\{(\sigma - 1) + \log\left[1 + \frac{5}{6}(\sigma - 1)\right]\right\}.$$

Nous nous proposons d'étendre l'analogie de Reynolds aux phénomènes d'évaporation. Dans le cas de la diffusion de la vapeur d'eau dans l'air $\sigma = 0,6$; (3) se transforme en :

$$(5) \qquad \frac{1}{C_e} = \frac{2}{C_f} + 5\sqrt{\frac{2}{C_f}}\{\text{constante}\},$$

où $C_e = (E/\gamma U \Delta C)$, γ étant le poids spécifique, U la vitesse ambiante et ΔC la différence entre la concentration de la vapeur à la surface et dans l'air ambiant.

En utilisant l'équation de la résistance de Schultz-Grunow pour $R > 10^6$, (5) s'écrit

$$(6) \qquad \frac{1}{C_e} = 4,69(-0,407 + \log_{10} R)^{2,64} - 8,74(-0,407 + \log_{10} R)^{1,32}.$$

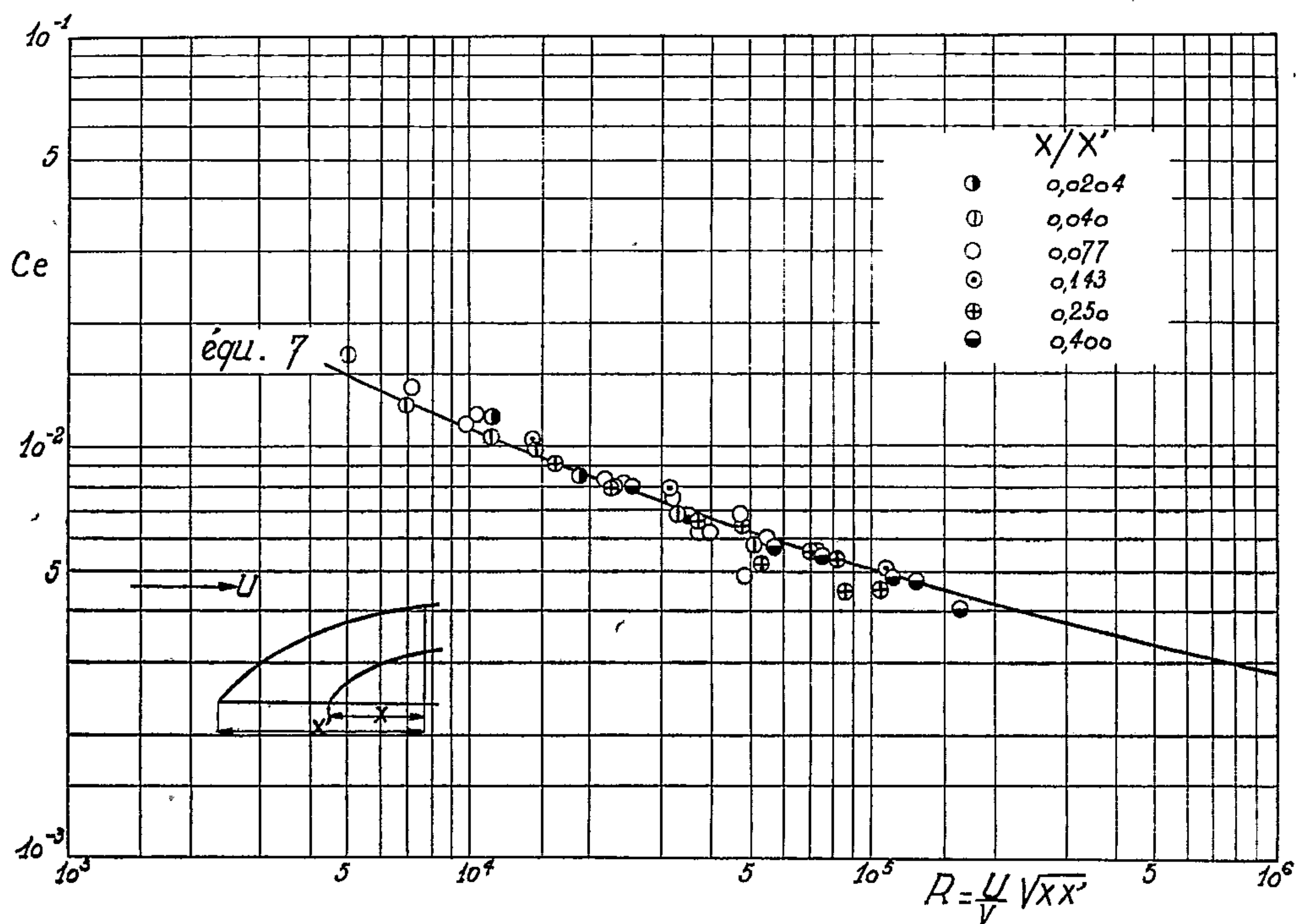
L'analogie de Reynolds suppose essentiellement l'identité des mécanismes de transfert de la quantité de mouvement et de la matière (ou la chaleur); elle n'est pas rigoureuse, mais conduit à des résultats en bon accord avec l'expérience.

Le contrôle expérimental de notre théorie a été poursuivi à l'Institute of Hydraulic Research d'Iowa et à Colorado A and M College. Nous avons opéré avec l'eau s'évaporant d'une frontière plane saturée, de longueur variable,

([2]) Th. Karman, *As. Soc. Mech. Engrs.*, 61, 1939, p. 706-710.

placée dans une soufflerie. Les résultats de ces expériences ainsi que l'équation (6) sont représentés sur la figure où X et X′ sont des distances précisées dans le graphique. On a porté en abscisse un nombre de Reynolds formé avec $\sqrt{XX'}$, pour tenir compte de la différence d'origine des couches turbulente et d'évaporation.

Il apparaît donc que l'analogie s'applique convenablement au cas de l'évaporation dans toute la gamme de nos essais, dans le cas d'un écoulement turbulent sur une paroi lisse.



— *Variation de Ce en fonction de R pour la couche limite turbulente.*

HYDRAULIQUE. — *Stabilité de deux chambres d'équilibre dans le cas d'une liaison entre galeries d'amenée.* Note de M. **Geza Bata**, transmise par M. Léopold Escande.

Mise en évidence des conditions de stabilité relatives au cas où l'on établit une liaison entre les tunnels d'amenée de deux usines alimentées par un même lac. Application à l'usine de Jablanica.

Les galeries d'amenée de deux systèmes hydroélectriques correspondant à un même niveau statique sont réunies par un tunnel, en amont des chambres d'équilibre. Nous cherchons les conditions de stabilité du système, en nous limitant à l'étude des petites oscillations, comme dans la théorie classique de

Thoma. Nous affectons des indices 1 et 2 les quantités relatives aux deux systèmes d'amenée, et de l'indice 3 celles qui concernent le tunnel de liaison.

En linéarisant les pertes de charge et les équations exprimant la constance des puissances, nous aboutissons à un système de cinq équations différentielles linéaires et non homogènes

$$\frac{dW_1}{dt} + \frac{g}{L_1} 2 P_1 W_{10} W_1 + \frac{g}{L_1} Z_1 - \frac{g}{L_1} P_1 W_{10}^2 = 0,$$
$$\frac{dW_2}{dt} + \frac{g}{L_2} 2 P_2 W_{20} W_2 + \frac{g}{L_2} Z_2 - \frac{g}{L_2} P_2 W_{20}^2 = 0,$$
$$\frac{dW_3}{dt} + \frac{g}{L_3} 2 P_3 W_{30} W_3 + \frac{g}{L_3} Z_1 - \frac{g}{L_3} Z_2 - \frac{g}{L_3} P_3 W_{30}^2 = 0,$$
$$\frac{dZ_1}{dt} - \frac{f_1}{F_1} W_1 - \frac{f_3}{F_1} W_3 - \frac{C_1}{F_1 H^2} Z_1 + \frac{C_1}{F_1 H} = 0,$$
$$\frac{dZ_2}{dt} - \frac{f_2}{F_2} W_2 - \frac{f_3}{F_2} W_3 - \frac{C_2}{F_2 H^2} Z_2 + \frac{C_2}{F_2 H} = 0.$$

L'équation caractéristique de ce système est définie par un déterminant, dont la solution donne une équation du cinquième degré, contenant 70 membres, d'une expression très étendue et relativement compliquée.

En suivant les méthodes respectivement indiquées par A. Ghetti, L. Escande et R. Meyer, qui ont eu à résoudre des problèmes de stabilité analogues, nous avons pu mettre en évidence les critériums de stabilité fournissant la solution que nous cherchons.

A côté des paramètres secondaires, qui contiennent les éléments caractéristiques de chacun des deux systèmes pris isolément, nous considérons les nombres sans dimensions

$$\Phi_1 = \frac{F_{Th\,1}}{F_1}, \qquad \Phi_2 = \frac{F_{Th\,2}}{F_2}$$

qui définissent les rapports de la section de Thoma F_{Th} et de la section réelle : ils constituent les paramètres principaux permettant de comparer les chambres d'équilibre des systèmes respectivement isolés ou reliés. Avec ces paramètres, les coefficients du polynome caractéristique peuvent se mettre sous la forme

$$a_0 = +1,$$
$$a_1 = \Phi_1 C_{11} + \Phi_2 C_{12} + C_{13},$$
$$a_2 = \Phi_1 C_{21} + \Phi_2 C_{22} + \Phi_1 \Phi_2 C_{23} + C_{24},$$
$$a_3 = \Phi_1 C_{31} + \Phi_2 C_{32} + \Phi_1 \Phi_2 C_{33} + C_{34},$$
$$a_4 = \Phi_1 C_{41} + \Phi_2 C_{42} + \Phi_1 \Phi_2 C_{43}$$
$$a_5 = \Phi_1 \Phi_2 C_{51}$$

Les termes C_{ij} sont des coefficients ne contenant que des paramètres secondaires, sous une forme d'ailleurs très compliquée.

En utilisant le théorème de Hürwitz et les conditions additionnelles de R. Meyer on obtient, pour les limites de stabilité

$$a_0 \geqq 0; \qquad a_5 \geqq 0,$$
$$(a_1 a_2 - a_0 a_3)(a_3 a_4 - a_2 a_5) - (a_1 a_4 - a_0 a_5)^2 \geqq 0.$$

Dans un plan $\Phi_1\Phi_2$ la seconde condition exige que les axes mêmes des coordonnées soient des limites de la zone de stabilité. La troisième condition représente, sur le même plan, une courbe, osculatrice à ses courbes composantes $(a_1 a_2 - a_0 a_3) = 0$ et $(a_3 a_4 - a_2 a_5) = 0$, dont la première est une ellipse et la seconde une courbe rationnelle du quatrième degré (*fig.* 1).

Nous avons appliqué cette méthode à l'étude de l'usine de Jablanica en Yougoslavie : la zone de stabilité obtenue est représentée par l'aire hachurée sur la figure 2. Pour cette usine, la zone de stabilité des chambres d'équilibre

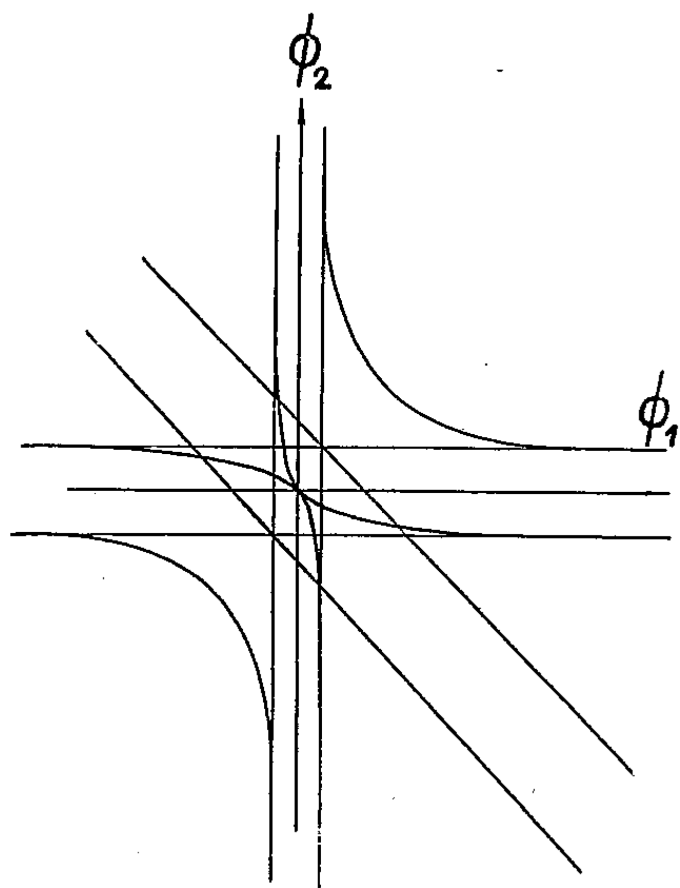


Fig. 1.

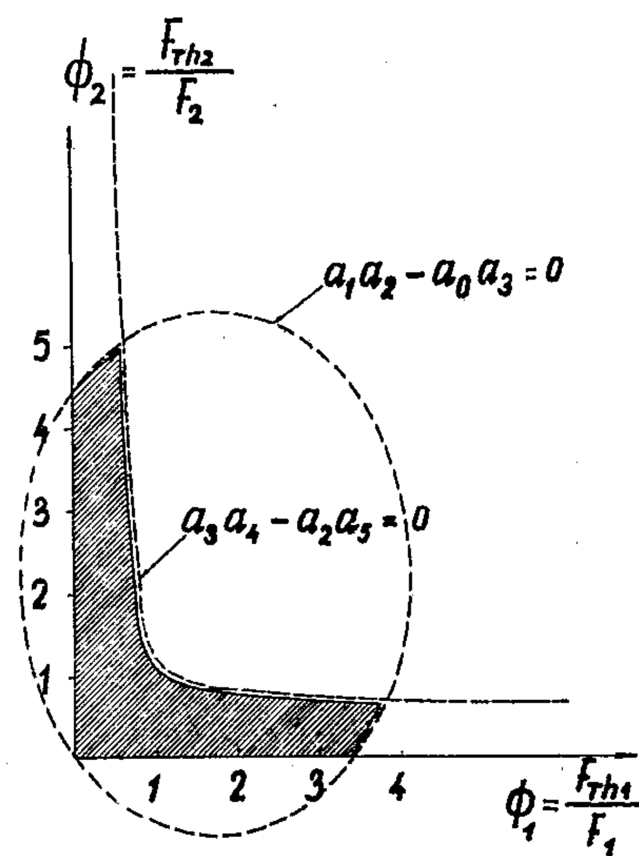


Fig. 2.

est augmentée d'environ 5 à 10 %, du fait de la liaison, vis-à-vis de celle qui correspond au cas des systèmes isolés. Ce résultat souligne l'intérêt pratique de la liaison des galeries d'amenée, qui présente, par ailleurs, d'importants avantages, au point de vue du fonctionnement hydraulique général, de l'économie et des facilités d'exploitation.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Un nouvel amas globulaire dans la région du centre de la Voie Lactée.* Note (*) de MM. **Jean Dufay**, **Pierre Berthier** et **Bernard Morignat**, présentée par M. André Danjon.

Un nouvel amas globulaire a été photographié, au moyen des radiations du proche infrarouge, dans une direction très voisine du centre de la Voie Lactée ($l = 325°,1$, $b = +0°,7$). En bleu, il est masqué par un nuage absorbant qui paraît débuter à un millier de parsecs du Soleil et doit être associé au bras *interne* de la spirale galactique.

On connaît actuellement une centaine d'amas globulaires, dont 30 sont

(*) Séance du 2 août 1954.

groupés autour du centre de la Voie Lactée. Mais aucun d'entre eux n'apparait au voisinage immédiat du plan galactique. Attribuant cette lacune à l'opacité des nuages absorbants qui couvrent la région, Shapley (¹) avait suggéré la possibilité de découvrir quelques nouveaux amas globulaires sur des photographies prises en lumière rouge.

Nous avons trouvé effectivement, sur des clichés obtenus dans le proche infrarouge ($\lambda \sim 8100$ Å), au foyer newtonien du télescope de 80 cm de l'Observatoire de Haute Provence, un amas très voisin du plan galactique, dont le caractère globulaire paraît assuré. Il est situé à 2′,6 environ au Sud-Est de l'étoile — 29°.4753 du *Cape Photographic Durchmusterung* ($m_{pg} = 9{,}7$).

Nord

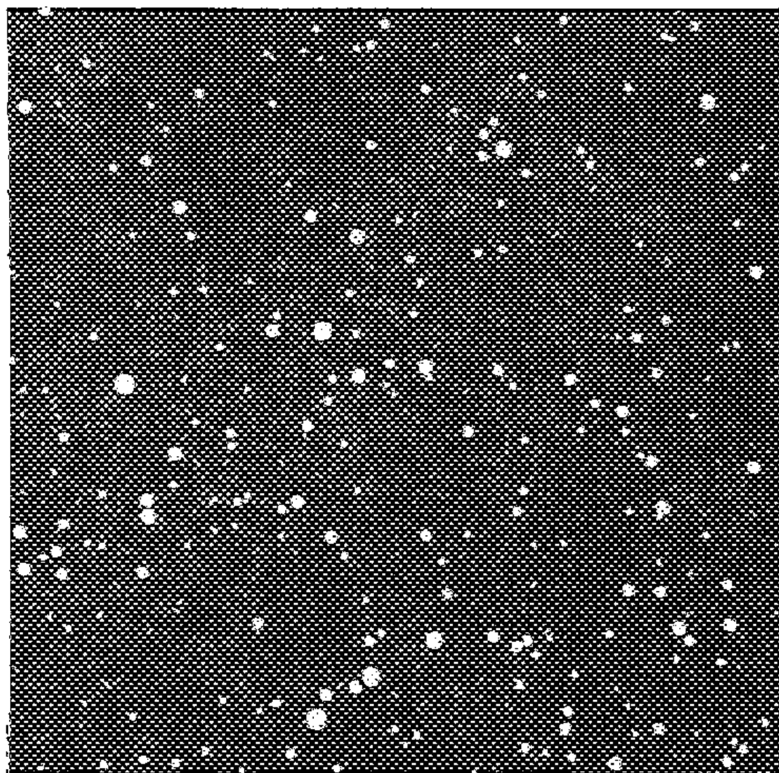


Fig. 1.

Nord

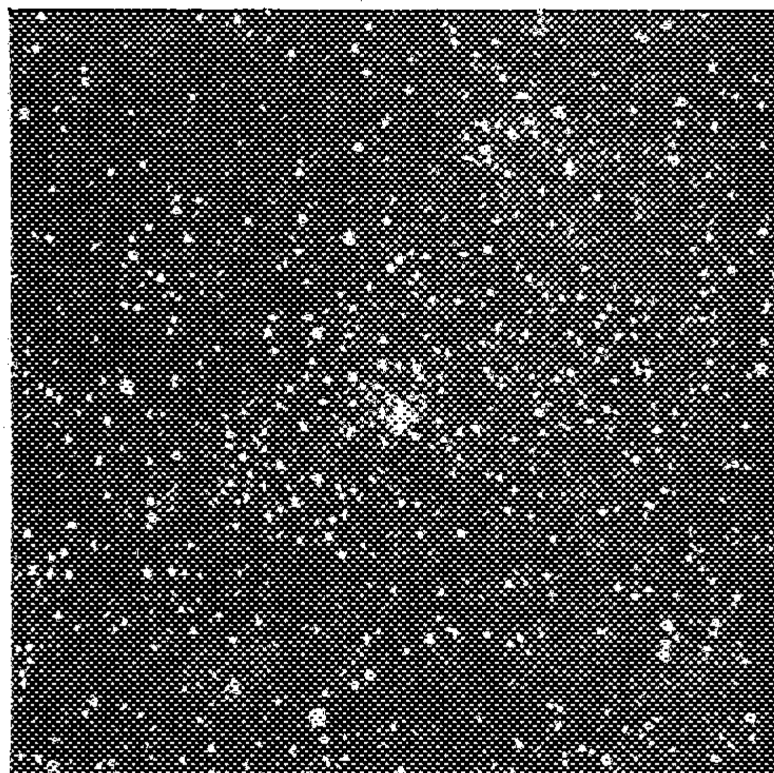


Fig. 2.

Sa position, repérée par rapport aux étoiles de ce catalogue et ramenée à l'équinoxe 1950,0, est définie par les coordonnées équatoriales et galactiques ci-dessous :

$$\alpha = 17^h 27^m 54^s, \quad \delta = -29^\circ 56',9, \quad l = 325^\circ,1, \quad b = +0^\circ,7.$$

Presque invisible sur les clichés pris en lumière bleue (*fig.* 1), l'amas commence à apparaître en lumière rouge ($\lambda \sim 6300$ Å) avec des poses de l'ordre de 30 minutes. Il attire immédiatement l'attention sur les plaques infrarouges (*fig.* 2). On remarque, sur ces dernières, au sud et un peu à l'est de l'amas, une région très opaque, que les radiations utilisées ($\lambda < 8900$ Å) ne parviennent pas à percer.

L'amas, dont le diamètre apparent est environ 1′,3, semble peu condensé et

(¹) *Galaxies*, 3ᵉ édition, Philadelphie, 1945, p. 96.

pourrait être rapproché de la classe IX de Shapley, mais cette apparence résulte peut-être de l'extinction pratiquement totale de toutes ses étoiles blanches. Sur les films infrarouges obtenus au télescope Schmidt (longueur focale 59,4 cm), son image présente tout à fait le même aspect que celles des amas globulaires NGC 6304 et NGC 6316, beaucoup moins rougis, qui se trouvent dans le même champ.

Entre l'amas et l'étoile 45 Ophiuchi, nous comptons environ 6 000 étoiles par degré carré sur les clichés les plus posés en lumière bleue, avec le télescope de 80 cm, et 26 000 étoiles sur les clichés infrarouges. Le grand nuage stellaire infrarouge que nous avons déjà étudié avec le télescope Schmidt ([2]) est ainsi complètement résolu en étoiles, dans une de ses parties les plus denses. Nos dénombrements d'étoiles par magnitude photographique indiquent un accroissement brusque de l'absorption à partir de la magnitude 14,4 soit à une distance de l'ordre d'un millier de parsecs ([3]). Il s'agit fort probablement des nuages obscurs liés au *bras interne* de la spirale galactique, mis récemment en évidence par l'étude des associations d'étoiles très lumineuses des classes O, B et A ([4]) et qui passe à 1 400 parsecs environ du Soleil, dans la direction du centre. Pour rendre compte des absorptions relativement faibles que nous avons évaluées dans cette direction, pour trois longueurs d'onde ([2]), il semble nécessaire d'admettre que l'espace redevient beaucoup plus transparent au delà du bras de spirale.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude du rayonnement continu des étoiles de Wolf-Rayet de la région du Cygne. Application à la détermination des distances et des températures de couleur.* Note (*) de Mme Yvette Andrillat, présentée par M. André Danjon.

Le rayonnement continu de ces étoiles est étudié dans deux domaines spectraux affectés différemment par l'absorption interstellaire. Cette étude et la connaissance de la courbe d'absorption interstellaire dans la direction de ces étoiles suggèrent une méthode de détermination des distances qui permette de corriger l'effet d'absorption interstellaire et d'obtenir les températures de couleur.

Je me suis proposé dans la présente étude de déterminer la température

([2]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 120 et 1284; *Sky and Telescope*, 12, 1952, p. 41; *Vistas in Astronomy* (sous presse).

([3]) Au moyen des parallaxes moyennes de P. J. Van Rhijn (*Publications of the Kapteyn Astronomical Observatory at Groningen*, n° 34, 1923) relatives à la latitude galactique 0°, on trouve 1 050 pc, en négligeant toute absorption préalable et 800 pc en supposant une absorption de 1 magnitude photographique avant le nuage.

([4]) W. W. Morgan, S. Sharpless et D. Osterbrock, *Astronomical Journal*, 57, 1952, p. 3; W. W. Morgan, A. E. Whitford et A. D. Code, *Astrophysical Journal*, 118, 1953, p. 318.

(*) Séance du 2 août 1954.

de couleur des étoiles de Wolf-Rayet de la constellation du Cygne, dans les intervalles spectraux 3 900 Å-4 900 Å et 5 900 Å-7 900 Å. Grâce à l'emploi des plaques Eastman Kodak IN hypersensibilisées, j'ai obtenu ainsi sur la même plaque des spectres s'étendant de 3 900 Å à 7 900 Å. Chaque cliché comporte un spectre de l'étoile de Wolf-Rayet, un spectre de l'étoile de comparaison λ Cygne et un étalonnage photométrique au photomètre à pénombre. Les spectres stellaires ont été élargis par déréglage du mouvement d'entraînement. Les temps de pose pour l'étoile de Wolf-Rayet, pour l'étoile de comparaison et pour l'étalonnage, étaient égaux. Pour obtenir des poses suffisamment longues sur l'étoile de comparaison relativement brillante ($m = 4,47$), je diaphragmais le spectrographe.

J'ai fait porter les mesures sur les régions du spectre continu qui apparaissaient le mieux entre les fortes raies d'émission. Les raies d'étalonnage fournissent directement $\log I_W/I_*$; $I_W(\lambda)$ représente la répartition spectrale de l'énergie dans le spectre continu de l'étoile de Wolf-Rayet et $I_*(\lambda)$ la même fonction pour l'étoile de comparaison. On peut alors écrire :

$$\log I_W/I_* = -0,4343(\varphi_W - \varphi_*)\, n + \text{const.}$$

En représentant graphiquement $\log I_W/I_*$ en fonction de $n = 1/\lambda$, on obtient une droite dont la pente est $-0,4343(\varphi_W - \varphi_*)$; φ_W s'en déduit si l'on connaît φ_*. Pour λ Cygne, $\varphi_* = 0,96$ pour la region bleue du spectre et 1,32 pour la région proche infrarouge. De la valeur de φ_W, on déduit la température de couleur T. Poutant les résultats bruts ainsi obtenus seraient très incorrects si l'on négligeait l'effet d'absorption interstellaire très important pour l'étoile Wolf-Rayet.

Les étoiles étudiées sont : HD 190918, 191765, 192103, 192163, 192641, 193077, 193576, 193793. Elles sont toutes groupées dans une même étroite région du Cygne. Stebbins et Whitford [1] ont déterminé pour cette région la valeur de l'excès de couleur des étoiles O-B rougies et ont trouvé : $c = 0,16$ magn/kpc. C'est la valeur de l'absorption sélective entre les deux longueurs d'onde 4215 Å et 4740 Å. Partant de la courbe d'absorption de Stebbins et Whitford [2], il est possible de l'accorder, par une affinité, sur cette valeur 0,16 entre les deux longueurs d'onde 4215 Å et 4740 Å. On obtient alors une courbe représentant l'absorption sélective dans la direction de la région étudiée, en magn/kpc. On peut passer des magnitudes aux logarithmes, ce qui est plus commode pour la suite des calculs.

Dès lors, il est possible d'assimiler les deux portions de cette courbe correspondant aux deux intervalles spectraux étudiés ici à deux segments de droites.

---

(1) STEBBINS, HUFFER, WHITFORD, *Astrophysical journal*, 90, 1939, p. 223.
(2) STEBBINS, HUFFER, WHITFORD, *Astrophysical journal*, 98, 1943, p. 20.

On trouve que leurs pentes sont respectivement : 0,27 pour la région du proche infrarouge, 0,20 pour la région bleu violet.

L'absorption interstellaire a pour effet d'abaisser la pente de la droite servant à déterminer les φ. Il est clair alors que les pentes observées doivent être augmentées respectivement des quantités : $d.0{,}27$ et $d.0{,}20$ pour les deux deux régions rouge et bleue, d étant la distance de l'étoile de Wolf-Rayet en kiloparsecs.

Soit p_r la pente observée dans la région rouge et p_b la pente observée pour la région bleue. On a :

$$\text{(I)} \qquad P_r + d.0{,}27 = -0{,}4343\,(\varphi_W - \varphi_*)$$

$$\text{(II)} \qquad P_b + d.0{,}20 = -0{,}4343\,(\varphi'_W - \varphi'_*)$$

φ et φ' sont respectivement les valeurs de la fonction φ pour les régions rouge et bleue du spectre. D'autre part, il est possible d'admettre qu'entre φ et φ' existe une relation linéaire : $\varphi = a\varphi' + b$, comme il résulte de la comparaison des valeurs φ et φ' déterminées respectivement par Kienle ([3]) et Barbier et Chalonge ([4]) pour les étoiles communément étudiées par ces auteurs. On constate alors que $a = 0{,}89$. Il vient donc :

$$p_r + d.0{,}27 = 0{,}89\,(p_b + d.0{,}20) \qquad \text{soit} \quad 0{,}09d = 0{,}89p_b - p_r.$$

La détermination expérimentale de p_b et p_r permet donc de calculer d, puis φ_W et φ'_W en portant la valeur de d dans les équations (I) et (II). On en déduit les températures de couleur T et T' pour les deux intervalles spectraux étudiés. Les résultats sont donnés dans le tableau.

Étoiles.	Spectres.	d (Kpc).	D (Kpc).			T (°C).	T' (°C).	T_S (°C).
HD 193 576...	WN 5	1,7	1,13	0,74	2,40	9 000	10 000	14 000
HD 190 918...	WN 5	0,4	1,65	0,54	1,43	8 000	9 000	–
HD 193 077...	WN 5	1,0	0,92	0,84	–	8 000	8 000	13 000
HD 192 163...	WN 6	0,7	1,12	0,99	–	12 000	15 000	15 000
HD 191 765...	WN 6	0,9	1,23	1,08	0,89	13 000	17 000	15 000
HD 193 793...	WC 6	1,2	1,65	1,21	–	11 000	13 000	–
HD 192 641...	WC 7	1,0	0,95	0,14	0,70	9 000	10 000	7 000
HD 192 103...	WC 7	1,3	1,38	1,00	–	14 000	16 000	12 000

J'indique dans la colonne D les distances trouvées par Beals ([5]), Wilson, Merrill et Sanford ([6]) à partir des mesures d'intensité des raies interstellaires

([3]) H. Kienle, H. Strassl und J. Wempe, *Zeitschrift für Astrophysik*, 16, 1938, p. 201; H. Kienle, J. Wempe und F. Beileke. *Zeitschrift für Astrophysik*, 18, 1940, p. 91.

([4]) *Annales d'astrophysique*, 4, 1941, p. 30.

([5]) *Monthly Notices*, 96, 1936, p. 661.

([6]) *Astrophysical journal*, 86, 1937, p. 274; O. C. Wilson, *Astrophysical journal*, 91, 1940, p. 391.

et dans la colonne T_S les températures spectrophotométriques déterminées par Vorontsov-Velyaminov [7]. Les distances et les températures obtenues par la présente méthode sont en bon accord avec les résultats de ces auteurs.

PHOTOGRAMMÉTRIE. — *Sur la compensation mécanique d'un canevas altimétrique obtenu par aérotriangulation.* Note (*) de M. **Georges Masson d'Autume**, présentée par M. Georges Poivilliers.

Le canevas altimétrique approché correspondant à un bloc de plusieurs bandes de photographies jointives peut être compensé d'après des altitudes connues et réparties de façon assez irrégulière dans le bloc, en matérialisant par des règles plates élastiques la surface d'erreur.

Cette compensation mécanique reçoit ici une justification théorique.

La prise de vue est supposée formée de bandes régulières et le canevas altimétrique comporte, pour chaque point de vue, trois points A N B symétriquement disposés.

Les calculs, exécutés par une méthode et avec un appareillage quelconques, fournissent un système d'altitudes approchées Z uniques pour tous les points d'une même bande. Le procédé de compensation décrit ci-après n'est correct que si tout systématisme a été éliminé; les données externes introduites au cours des calculs préliminaires doivent en outre être symétriques, aucun des faisceaux perspectifs n'étant privilégié.

Pour chaque bande, la différence : Z calculé — Z vrai est une fonction des coordonnées planimétriques, représentée dans le système de coordonnées XYZ par une « surface d'erreur altimétrique ». Cette surface n'est pas quelconque; il résulte de la théorie des déformations de l'image plastique, que, pour un couple, c'est sensiblement une surface réglée admettant un système de génératrices perpendiculaires à la base. L'angle $d\varphi$ des génératrices limites est théoriquement égal à l'erreur de site relatif commise dans l'enchaînement des faisceaux. L'ensemble des $d\varphi$ obéit à la loi de distribution des erreurs accidentelles, et admet le module de précision λ_φ. Les surfaces d'erreurs correspondant à deux couples consécutifs se raccordent le long de la génératrice limite commune $A_pN_pB_p$. L'angle dièdre $d\theta$ formé par les plans $A_pB_pN_{p-1}$ et $A_pB_pN_{p+1}$ est théoriquement égal à la différence des erreurs de convergence du faisceau S_p dans les deux enchaînements $p-1$, p et p, $p+1$. L'ensemble des $d\theta$ est purement accidentel et caractérisé par le module de précision λ_θ.

La compensation consiste à déterminer, pour chaque bande, une surface d'erreur telle que :

(7) *Les nébuleuses gazeuses et les étoiles nouvelles*, p. 389.

(*) Séance du 24 mai 1954.

1° aux points d'altitude connue, la cote de cette surface ait la valeur préétablie.

2° aux points communs à deux bandes, la différence des cotes des surfaces soit égale à la différence des altitudes provisoires calculées dans chacune des bandes.

3° la somme

$$W = \lambda_\varphi^2 \Sigma \overline{d\varphi}^2 + \lambda_\theta^2 \Sigma \overline{d\theta}^2$$

soit minimum.

Il est facile de réaliser un modèle matériel des surfaces d'erreurs tel que ces trois conditions soient vérifiées automatiquement.

Pour chaque couple, la surface d'erreur sera schématisée par un système de deux barres ANB, reliées par une barre de torsion NN. Pour une torsion $d\varphi$, apparaît un couple résistant $c_\varphi d\varphi$. La liaison entre couples sera schématisée par une charnière d'axe ANB opposant à la rotation $d\theta$ un couple résistant $c_\theta d\theta$. Si l'on impose au système les liaisons correspondant à (1) et (2), sa position d'équilibre sera telle que le potentiel élastique

$$W' = \frac{1}{2}(c_\varphi \Sigma \overline{d\varphi}^2 + c_\theta \Sigma \overline{d\theta}^2)$$

soit minimum.

Si l'on a choisi c_φ et c_θ proportionnel à h_φ^2 et h_θ^2, la condition (3) sera automatiquement réalisée.

Pratiquement, les surfaces d'erreurs seront matérialisées plus commodément, par des règles plates élastiques dont les propriétés mécaniques sont très voisines de celles du système décrit. L'adaptation des coefficients de flexion et de torsion aux valeurs h_φ et h_θ se fait aisément, par exemple en choisissant des échelles longitudinales et transversales appropriées pour la construction du modèle.

La mesure des cotes des surfaces d'erreurs permet alors de déterminer très rapidement les corrections aux altitudes approchées pour tous les points du canevas.

ÉMISSION THERMIONIQUE. — *Cathodes thermioniques obtenues par compression et frittage de mélanges de poudres de métaux et de composés alcalino-terreux.* Note (*) de MM. **Robert Uzan** et **Guy Mesnard**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Il paraît intéressant, pour améliorer la résistance aux gaz et aux bombardements et permettre l'extraction de grandes densités de courant, d'incorporer aux composés alcalinoterreux des cathodes thermioniques usuelles

(*) Séance du 26 juillet 1954.

d'autres corps et notamment des métaux. Nous avons préparé des cathodes formées uniquement à partir d'un mélange de poudres, sans support métallique, de carbonate mixte de baryum et de strontium d'une part, de nickel ou de tungstène d'autre part, avec une proportion pondérale de carbonate allant jusqu'à 50 %; le mélange est comprimé puis fritté. Les cathodes se présentent sous la forme de rubans très fins chauffés directement. La compression est réalisée dans une matrice avec comme liant de la paraffine introduite en solution dans le benzène. On fritte ensuite dans le vide ou l'hydrogène vers 1000-1100° C. On obtient alors des rubans qui se déforment à l'air, mais que l'on peut conserver dans la paraffine; les plus fragiles sont ceux qui contiennent une forte proportion de carbonate. Ces cathodes ont été montées dans des diodes expérimentales et, après pompage, on a étudié l'évolution de l'émission en fonction des traitements.

Les cathodes au nickel frittées sous vide manifestent une importante activation par les traitements thermiques (jusqu'à 1 500° K), ainsi qu'une importante activation par le passage du courant thermionique. Grâce à cette dernière on peut obtenir des densités d'émission élevées, avec les qualités annoncées : plus de 1 A/cm² en régime continu à 1 250° K. Mais une cathode ne possédant que l'activation thermique fournit seulement quelques milliampères par centimètre carré à cette température; la cathode retourne à un tel état lorsqu'elle ne débite pas à la température de fonctionnement. Le passage du courant ne produit un déclin réversible qu'aux basses températures. En régime d'impulsions de l'ordre de la microseconde, la cathode fournit pour chaque état une émission environ dix fois plus grande qu'en régime statique, mais on ne bénéficie pas de la grosse activation que donne le courant en régime continu. Les constantes A et φ de l'émission diminuent quand l'activation augmente et sont de l'ordre de 1 mA/cm² pour A et 1,4 eV pour φ, pour une cathode moyennement activée. L'influence des proportions et celle de la température de frittage ne sont pas considérables.

Les cathodes au nickel frittées dans l'hydrogène se comportent très différemment. On observe une importante activation thermique, qui se prolonge pendant longtemps; par contre, le passage du courant produit un déclin réversible même à des températures élevées. Les émissions que l'on peut extraire de façon continue se trouvent ainsi inférieures à celles des cathodes précédentes. L'émission en régime statique correspondant à une bonne activation thermique réalisée à 1 400° K peut dépasser avant son déclin 100 mA/cm² à 1 250° K. L'émission stable en régime d'impulsions est plusieurs dizaines de fois plus grande, de sorte qu'on peut atteindre 10 A/cm² à 1 250° K.

Les cathodes au tungstène donnent des émissions moins élevées. Pour

des cathodes contenant relativement beaucoup de carbonate (30 % en poids) et frittées sous vide, les traitements purement thermiques donnent une importante activation, mais l'émission stable qui en résulte en régime statique à 1 250° K est de l'ordre de 1 mA/cm²; l'émission en régime d'impulsions ne vaut que deux ou trois fois l'émission statique; en outre le passage du courant ne produit pas d'activation, mais un déclin. Pour la cathode activée, A est de l'ordre de 10 mA/cm² et φ de l'ordre de 1,8 eV. Une explication à ces modestes performances est que le tungstène peut agir sur le carbonate sans fournir de métal alcalinoterreux libre [1] produisant l'activation. En présence de charbon en quantité suffisante on peut transformer intégralement le carbonate en oxyde susceptible d'être réduit avec production de métal alcalinoterreux; on doit alors obtenir une meilleure émission. C'est bien ce que l'on observe et nous avons obtenu des émissions dix fois plus grandes que les précédentes. On n'atteint toutefois pas les grosses densités que peuvent fournir les cathodes au nickel; cela doit provenir de la formation de tungstate alcalinoterreux dont la présence est nuisible.

Des cathodes à très forte proportion de tungstène également frittées sous vide (plus de 90 % en poids) n'ont pas donné une meilleure émission; on a certainement affaire dans ce cas à l'émission du tungstène baryé. Nous avons aussi étudié des cathodes contenant à la fois du tungstène et du nickel frittées sous vide; leur comportement se rapproche plus de celui des cathodes au tungstène que de celui des cathodes au nickel; en particulier le passage du courant produit toujours un net déclin, qui disparaît lorsqu'on ne fait plus passer le courant continuellement; d'autre part, après un traitement thermique poussé on obtient une émission relativement élevée à la température de fonctionnement, mais cette émission décline rapidement indépendamment de l'effet de déclin dû au courant; pratiquement l'émission utilisable à 1 250° K ne dépasse pas 1 mA/cm². Le frittage dans l'hydrogène de toutes les cathodes contenant du tungstène conduit toujours à des cathodes peu émissives; cela doit être dû à la formation de tungstate.

Nous avons enfin étudié des cathodes contenant du zirconium et du thorium. Ces métaux très réducteurs ne doivent être utilisés qu'ajoutés en petite quantité dans les cathodes précédentes, afin de limiter la formation nuisible de zirconate et de thorate.

---

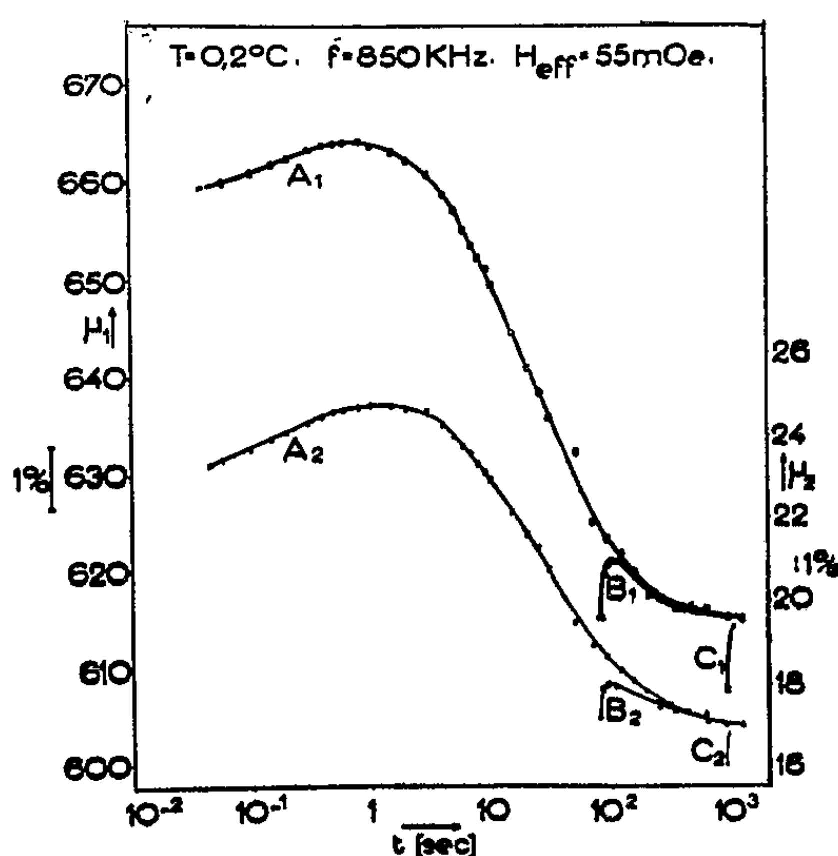
(1) R. C. Hughes, P. P. Coppola et H. T. Evans, *J. Appl. Phys.*, 23, 1952, p. 635-641.

MAGNÉTISME. — *Phénomènes transitoires dans un ferrite.* Note (*) de M. **Siegward Matz**, transmise par M. Louis Néel.

Poursuivant des mesures antérieures ([1]) faites à tension constante, nous avons mesuré des phénomènes transitoires relatifs à la perméabilité complexe d'un ferrite, à champ constant, en haute fréquence pendant des temps de quelques secondes à quelques heures. L'étude approfondie d'un ferrite de nickel-zinc en fonction de la température (— 196° C à 20° C), de l'intensité de champ, de la fréquence et du temps t_1 écoulé entre une désaimantation et l'établissement du champ nous a donné les résultats suivants.

Les phénomènes ne sont pas liés à une fréquence particulière; nous les avons observés dans toute la gamme 100 kHz — 1 MHz.

Les deux composantes de la perméabilité complexe $\bar{\mu} = \mu_1 - j\mu_2$ varient



d'une manière tout à fait analogue. Les variations sont régies par de nombreuses constantes de temps dispersées dans un rapport de 1 à 5.10^3. La relation exponentielle entre la température et les constantes de temps conduit à une énergie d'activation de l'ordre de 10^4 cal/mole.

Dans des champs très faibles, la perméabilité décroît avec le temps après une désaimantation. Cette désaccomodation se passe indépendamment du fait que le ferrite est soumis au champ alternatif ou non. Le montant de la désacco-

(*) Séance du 26 juillet 1954.

([1]) S. Matz et L. Weil, *Ann. Inst. Polytechn.*, Grenoble, 1, 1954, p. 55.

modation augmente avec l'intensité de champ, mais ne s'annule pas pour un champ extrêmement faible.

En appliquant un champ plus intense, de l'ordre du cinquième du champ coercitif, la perméabilité commence par croître à partir du moment de l'établissement du champ et décroît ensuite. Si l'intervalle de temps t_1 dépasse la constante de temps la plus grande des phénomènes, on n'observe que la croissance seule, le phénomène ne dépendant plus du paramètre t_1. Dans un champ très faible (2,5 mOe_{eff}) et dans les mêmes conditions la perméabilité ne varie plus du tout.

Les courbes de la figure 1 avec l'indice 1 sont relatives à μ_1 et avec l'indice 2 à μ_2. Elles commencent dans le diagramme au temps $t = t_1$, paramètre de chaque paire de courbes. Les courbes $C_{1,2}$ sont un exemple du cas où la désaccomodation ne se manifeste plus.

Ces phénomènes s'expliquent par la théorie du traînage de diffusion de L. Néel ([2]), ([3]). Cette théorie prévoit un comportement différent des deux composantes de la perméabilité. Elle est adaptée aux effets des champs faibles où les pertes par hystérésis sont négligeables.

Nos mesures, effectuées à des intensités de champ relativement élevées devant le champ coercitif, sont accompagnées de pertes considérables par hystérésis. Nous avons tenu compte de ces pertes d'une manière approximative en introduisant un angle de phase φ entre le champ appliqué et le déplacement moyen des parois. D'après les formules du traînage ainsi dérivées les parties variables de la perméabilité $\Delta\mu_1$ et $\Delta\mu_2$ sont proportionnelles à la même loi de temps et de plus $\Delta\mu_1$ est proportionnelle à $\cos\varphi$, $\Delta\mu_2$ à $\sin\varphi$. L'augmentation de la perméabilité par hystérésis μ_{1H} et μ_{2H} d'une part et les parties variables avec le temps d'autre part satisfont à l'équation

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\Delta\mu_2}{\Delta\mu_1} = p\,\frac{\mu_{2H}}{\mu_{1H}}.$$

On a vérifié à la température ambiante en mesurant la croissance de la perméabilité que le facteur p est indépendant du champ.

La croissance de la perméabilité est donc liée aux processus irréversibles de l'aimantation contrairement à la désaccomodation qui est simplement une conséquence de la stabilisation de l'aimantation spontanée après une désaimantation.

Nous admettons, comme il a déjà été suggéré pour d'autres mesures de relaxation ([4]), un processus de diffusion électronique, entre des ions ferriques et ferreux sur des sites équivalents du réseau cristallin pour expliquer le traînage observé.

([2]) *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 339.
([3]) *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 249.
([4]) H. P. J. Wijn, *Diss. Leiden*, 1953.

LUMINESCENCE. — *Propriétés optiques d'une nouvelle substance luminescente à base d'oxyde d'antimoine* Sb_2O_4. Note de MM. **Roger Bernard** et **Joseph Janin**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'oxyde Sb_2O_4 activé par le manganèse présente une luminescence orangée quand on l'excite à l'aide de radiations de longueur d'onde inférieure à 3500 Å. On a étudié l'influence de la température sur cette luminescence.

Nous avons indiqué dans une Note précédente (1) que l'oxyde Sb_2O_4 est un produit intermédiaire dans la préparation de l'anhydride antimonieux luminescent. Ce tétroxyde possède lui-même des propriétés optiques intéressantes lorsqu'il est activé par le manganèse et préparé dans certaines conditions.

La matière première est l'anhydride Sb_2O_3 amorphe que l'on chauffe en couche mince avec du chlorure de manganèse, dans l'air, à 1000° C. Le produit obtenu est une poudre blanche qui présente une luminescence orangée en lumière de Wood. Nous avons étudié quatre échantillons contenant respectivement 0,01, 0,05, 0,5 et 2,5 % de manganèse. Ce dernier pourcentage est un maximum au-dessus duquel le sel activateur joue aussi le rôle de fondant, ce qui compromet la préparation. L'émission la plus intense correspond à la teneur 0,05 % en manganèse.

On observe sous excitation une luminescence assez intense avec une postluminescence brève à la température ordinaire. Les spectres d'émission enregistrés pendant l'excitation et une demi-seconde après la fin de celle-ci sont identiques; ils consistent en une seule bande s'étendant de 5500 à 7500 Å avec un maximum vers 6300 Å.

La luminescence de l'oxyde Sb_2O_4 activé par le manganèse est excitée par les radiations de longueur d'onde inférieure à 3500 Å. Cette limite est très nette et l'intensité émise décroît progressivement quand la longueur d'onde de la radiation excitatrice diminue à partir de 3400 Å. Le spectre d'excitation semble indépendant de la teneur en manganèse.

Nous avons également analysé le spectre d'absorption en opérant par réflexion sur une couche de la substance étudiée. L'absorption est à peu près uniforme au-dessous de 3500 Å; cette limite se déplace de 100 Å environ du côté des courtes longueurs d'onde lorsqu'on abaisse la température jusqu'à — 190° C. L'absorption ne dépend pas de l'activateur; elle est donc due au réseau. Il est possible qu'en fait il s'agisse de la bande fondamentale du réseau prolongée du côté des grandes longueurs d'onde par une bande relativement large liée aux lacunes qui doivent être nombreuses dans un tel corps.

Les spectres d'émission enregistrés à — 60 et + 20° C sont identiques. Par contre, l'intensité émise varie rapidement avec la température. Les courbes de

(1) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 798.

la figure 1 montrent que les transitions sans radiation jouent un rôle très important dès la température ordinaire, surtout pour l'excitation à l'aide de la radiation $\lambda = 2537$ Å. On observe en outre une diminution du rendement à basse température ; ce phénomène a déjà été signalé dans le cas de substances activées par le manganèse ([2]). Lorsqu'on réduit le flux excitateur, le maximum d'intensité se déplace du côté des basses températures.

La courbe de thermoluminescence (*fig.* 2) présente un maximum très accusé

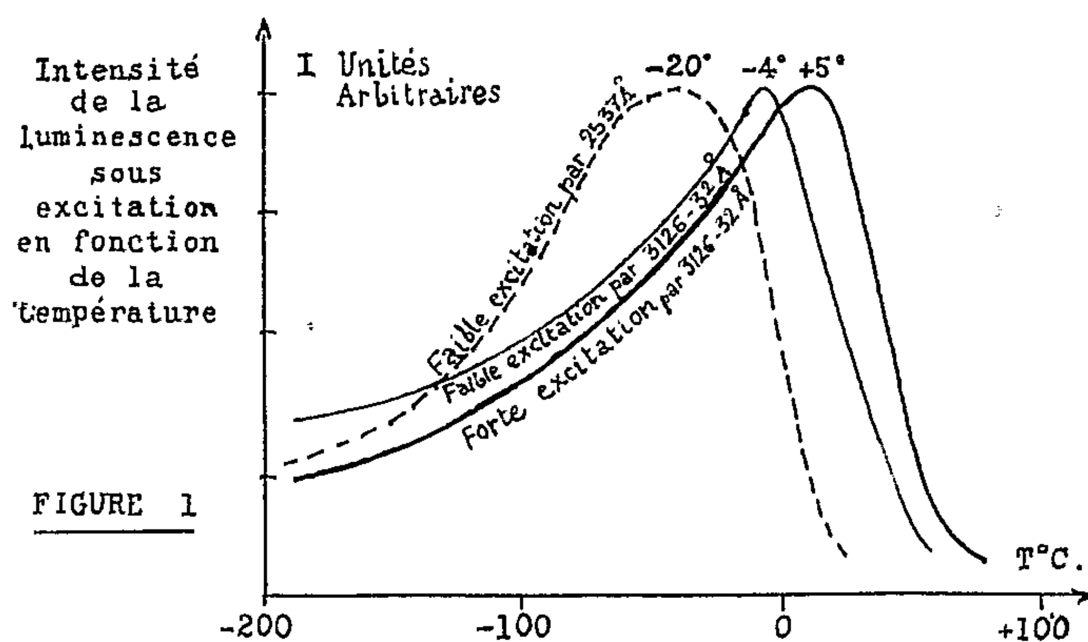


FIGURE 1

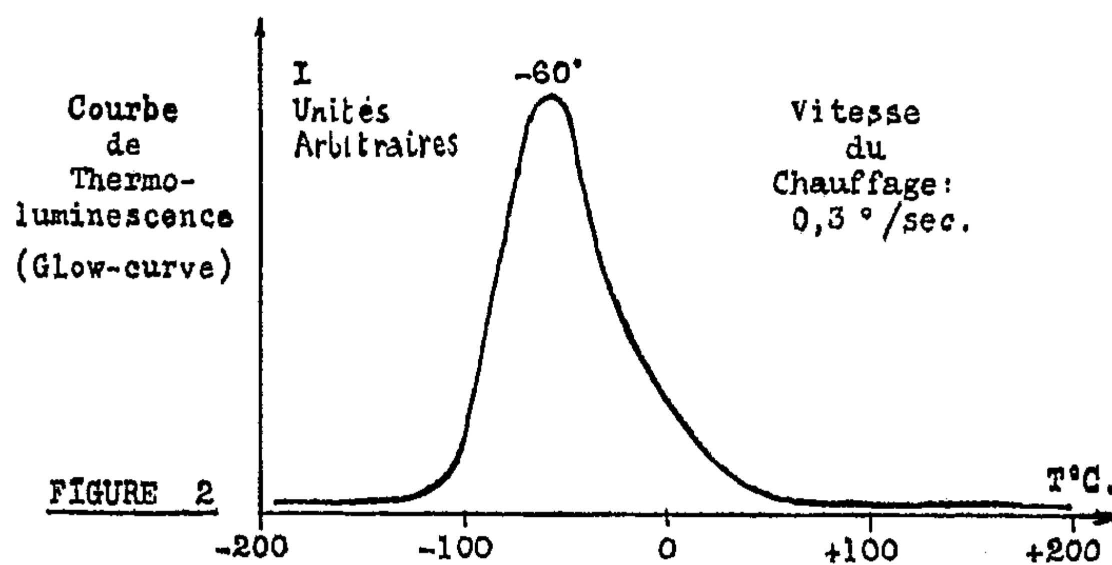


FIGURE 2

entre — 65 et — 60°C (et peut-être un autre vers — 10°C). Les pièges électroniques responsables de la phosphorescence observée se trouveraient donc situés à une profondeur moyenne de 0,42 eV, d'après la théorie de Randall et Wilkins ([3]).

Nous avons vu que l'énergie est absorbée dans le réseau. Elle est vraisemblablement dissipée sous forme de vibrations thermiques dans le cas du tétroxyde pur; elle est au contraire transférée aux centres manganèse quand cet activateur est présent. Nous espérons pouvoir préciser le mode du transfert ainsi que le mécanisme électronique mis en jeu grâce à l'étude du déclin de la luminescence et de la photoconductibilité, actuellement en cours.

([2]) F. A. Kröger, *Some Aspects of the Luminescence of Solids*, 6, 1948; Th. P. J. Botden et F. A. Kröger, *Physica*. 13, n° 4-5, 1947, p. 216-224.

([3]) *Proc. Roy. Soc. A.*, 184, 1940, p. 365-389.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Variation du rendement de l'excitation coulombienne pour les deux premiers niveaux de rotation du tantale par des protons d'énergie comprise entre* 1,2 *et* 4,5 MeV. Note (*) de MM. **Roland Barloutaud** et **Tovy Grjebine**, présentée par M. Francis Perrin.

L'excitation coulombienne de ^{181}Ta a été étudiée avec des protons de 1,2 à 4,5 MeV. Les γ de 137, 166 et 303 keV ont été observés. Les variations des rendements en cible épaisse sont en bon accord avec la théorie.

L'excitation coulombienne de ^{181}Ta a été mise en évidence par T. Huus et C. Zupancic (1), C. L. McClelland et C. Goodman (2) qui ont observé les γ de désexcitation des niveaux de rotation de 137 et 303 keV. Récemment, Eisinger (3) a montré l'existence d'un troisième γ de 166 keV correspondant à la transition entre ces deux niveaux.

Huus et Zupancic ont mesuré la variation du rendement en cible épaisse des γ de 137 et 303 keV produits par des protons d'énergie comprise entre 1 et 2,2 MeV; G. M. Temmer et N. P. Heydenburg (4) ont fait la même expérience pour les γ de 137 keV produits par des α d'énergie comprise entre 1 et 3,7 MeV. Alors que ces auteurs trouvent un bon accord avec la courbe de rendement théorique, Goldburg (5) trouve, pour le rendement de 137 keV une croissance plus rapide que celle escomptée théoriquement.

Nous avons mesuré les rendements en cible épaisse des γ de 137 et 303 keV de Ta bombardé par des protons d'énergie comprise entre 1 et 4,5 MeV.

Les protons accélérés par l'accélérateur Van de Graaff de Saclay viennent frapper une cible épaisse de Ta; les γ émis sont détectés par un spectromètre à scintillations à cristal de NaI(Tl) placé à 18 cm environ de la cible. L'angle entre les protons incidents et les γ détectés a été choisi à 55° : comme la distribution angulaire de ces γ est en bonne approximation en $1 + a(E)\cos^2\theta$, le rendement des γ émis à cet angle est proportionnel au nombre de γ émis dans l'angle solide total. La résolution présentait une largeur à mi-hauteur de 16 à 17 % de l'énergie pour le γ de 137 keV. Un écran de 1,2 mm d'étain permettait d'absorber presque totalement les rayons X gênants du tantale et du plomb (dus à l'effet photoélectrique des γ sur le canalisateur de Pb). L'écran absorbait 58 % du γ de 137 keV et 46 % du γ de 166 keV. La figure 1 montre le spectre des γ obtenu pour des protons de 3,97 MeV : le γ de 166 keV, à peine avantagé par l'absorbant d'étain, est très nettement visible.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) *Dan. Mat. Fys. Medd.*, 28, 1953, n° 1.

(2) *Phys. Rev.*, 91, 1953, p. 760.

(3) J. T. Eisinger, C. F. Cook et C. M. Class, *Phys. Rev.*, 94, 1954, p. 735.

(4) *Phys. Rev.*, 93, 1954, p. 351.

(5) W. I. Goldburg et R. M. Williamson, *Bull. Amer. Phys. Soc.*, 29, 1954, n° 1, p. 10.

Afin de mesurer le rendement du γ de 137 keV dû à la désexcitation du premier niveau formé directement, il est nécessaire de retrancher de l'intensité γ de 137 keV la contribution apportée par la désexcitation en cascade du deuxième niveau, contribution qui est égale à l'intensité du γ de 166 keV corrigée des facteurs suivants :

1° Rapport des probabilités d'émission γ pour les transitions de 137 et 166 keV [les coefficients de conversion de ces deux transitions ont été calculés au moyen des tables de Rose en supposant pour chacune d'elles un mélange $E_2 + M_1$ avec 15 % de E_2 ([6]) et en connaissant les rapports K/L ([6])].

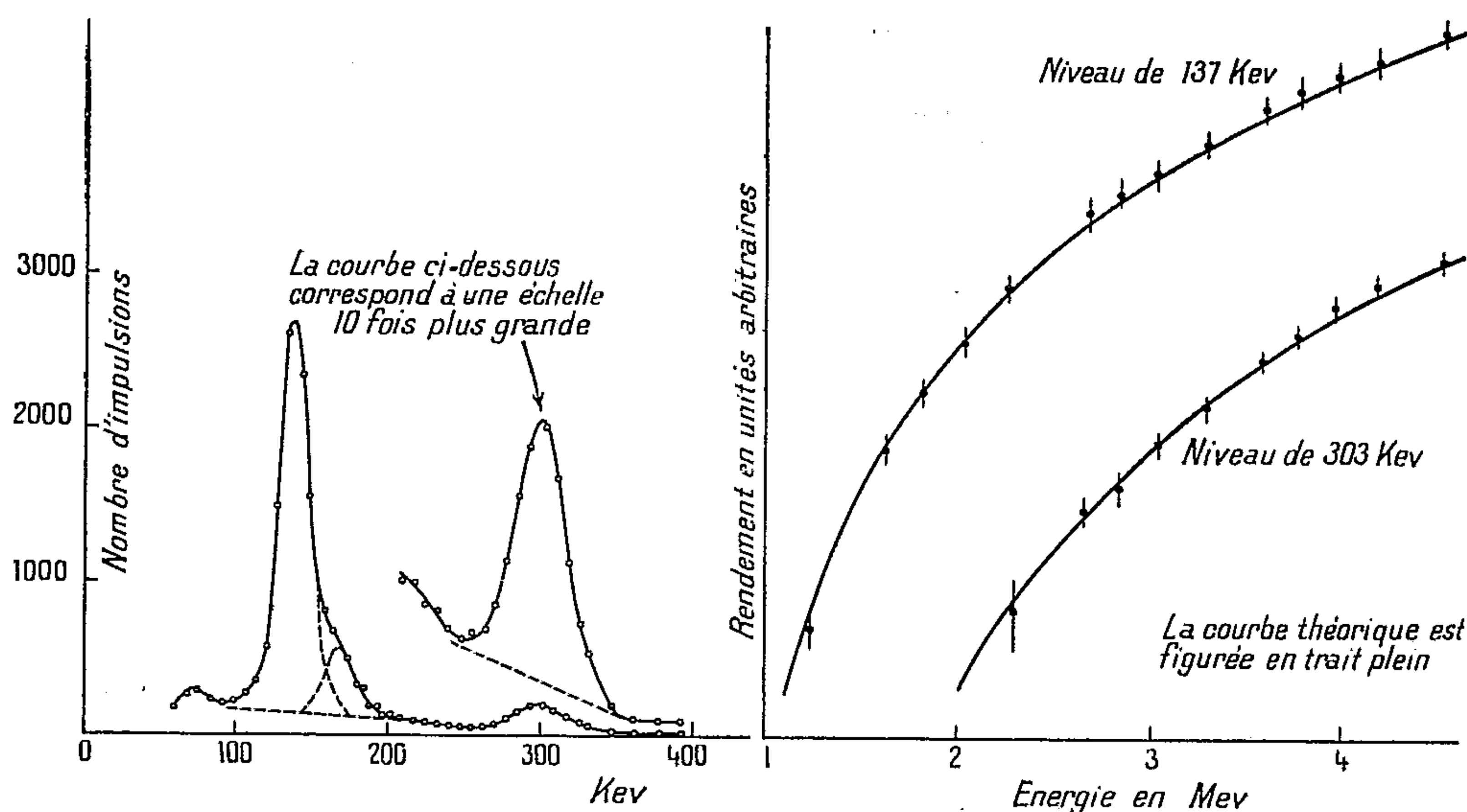


Fig. 1. Fig. 2.

Spectre énergétique des γ du Ta bombardé par des protons de 3,97 MeV.

2° Rapport des probabilités de transmission à travers l'écran d'étain et la cible de tantale pour les γ de 137 et 166 keV.

3° Rapport des efficacités de ces γ dans le cristal (ce rapport étant presque égal à l'unité).

Les intensités globales ont été mesurées en intégrant les divers pics et en soustrayant un fond comme indiqué sur la figure 1. La nécessité des diverses corrections pour le γ de 137 keV et la présence d'un fond important pour celui de 303 keV font que la précision de chaque point de la figure 2 n'est que de 6 à 10 %.

Le nombre de γ émis par proton incident d'énergie E_0 et de parcours x_0 en grammes par centimètre carré est proportionnel à

$$\int_0^{x_0} e^{\frac{\mu(x_0-x)}{\cos\theta}} \sigma[\theta, E_x]\,dx \sim \int_{E_0}^{0} e^{\frac{\mu'(x_0-x)}{\cos\theta}} \sigma[\theta, E]\frac{1}{\sigma_r(E)}\,dE,$$

([6]) T. Huus et C. Zupancic, *Phys. Rev.*, **92**, 1953, p. 1579.

E étant l'énergie du proton dont le parcours restant est x et μ le coefficient d'absorption des γ dans la cible; σ_r est la section efficace de ralentissement; $\sigma(E)$ la section efficace d'excitation coulombienne.

Nous avons effectué le calcul de $\sigma(E)$ au moyen de la formule $\sigma(E_2) \sim E g_2(\xi)$ où $g_2(\xi)$ était calculé d'après K. Alder et A. Winther [7] en prenant

$$\xi = \frac{z_1 z_2 e^2}{\hbar}\left(\frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_1}\right),$$

v_1 et v_2 étant les vitesses du proton avant et après le choc. L'intégrale ci-dessus a été calculée pour les niveaux de 137 et 303 keV; μ a été pris égal à 2,5 cm^2/g pour le γ de 137 keV et la correction d'autoabsorption a été négligée pour le γ de 303 keV; la section efficace de ralentissement des protons dans le tantale a été tirée de [8]. Les courbes théoriques ainsi calculées ont été normalisées pour les valeurs expérimentales de 3,03 MeV et sont montrées sur la figure 2.

Nous voyons ainsi que jusqu'à 4,5 MeV, les rendements expérimentaux sont tout à fait compatibles avec la théorie.

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Résonance quadrupolaire de* ^{79}Br *et* ^{81}Br *dans le paradibromobenzène*. Note (*) de MM. **Daniel Dautreppe** et **Alain Blaise**, transmise par M. Louis Néel.

La théorie de Bayer appliquée au paradibromobenzène ne rend pas bien compte de la variation de fréquence observée de 20 à 300° K. L'effet Zeeman sur la raie de ^{81}Br dans un monocristal, a permis, d'une part, de trancher entre deux schémas de structure, d'autre part, la mesure de l'angle des liaisons C-Br évalué ainsi à 75°.

1° *Variation de la fréquence avec la température.* — Les fréquences de résonances de ^{79}Br et ^{81}Br ont été mesurées pour quatre températures entre 20 et 300° K. Les résultats sont traduits par les courbes de la figure 1. Le rapport $(\nu_{79}/\nu_{81}) = 1,197$ est en bon accord avec le rapport des moments quadrupolaires des deux isotopes. La courbe déduite de la théorie de Bayer [1] d'après les fréquences de vibration de la molécule données par Rousset [2], est moins satisfaisante que pour p-$C_6H_4Cl_2$ [3]. Une étude théorique de ces divergences est en cours et fera l'objet d'une publication ultérieure.

2. *Effet Zeeman sur un monocristal.* — La figure 2 représente les projections

(7) *Phys. Rev.*, 91, 1953, p. 1578.

(8) R. Fuchs et W. Whaling, Rapport sur les sections efficaces de ralentissement.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) *Z. Phys.*, 130, 1951, p. 227.

(2) Rousset et Lochet, *J. Phys. Rad.*, 3, 1942, p. 146.

(3) D. Dautreppe, B. Dreyfus et M. Soutif, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2309.

sur le plan *a*, *b* de *p*-$C_6H_4Br_2$ et *p*-$C_6H_4Cl_2$ d'après B. Hendricks [4]. Croetto, Bezzi et Bua [5], ont par contre trouvé un isomorphisme complet entre les deux corps, en associant les atomes 1 et 2 de Br (*fig.* 2) comme partenaires dans la molécule.

Notre monocristal, tiré d'un bloc de trois monocristaux encastrés obtenus

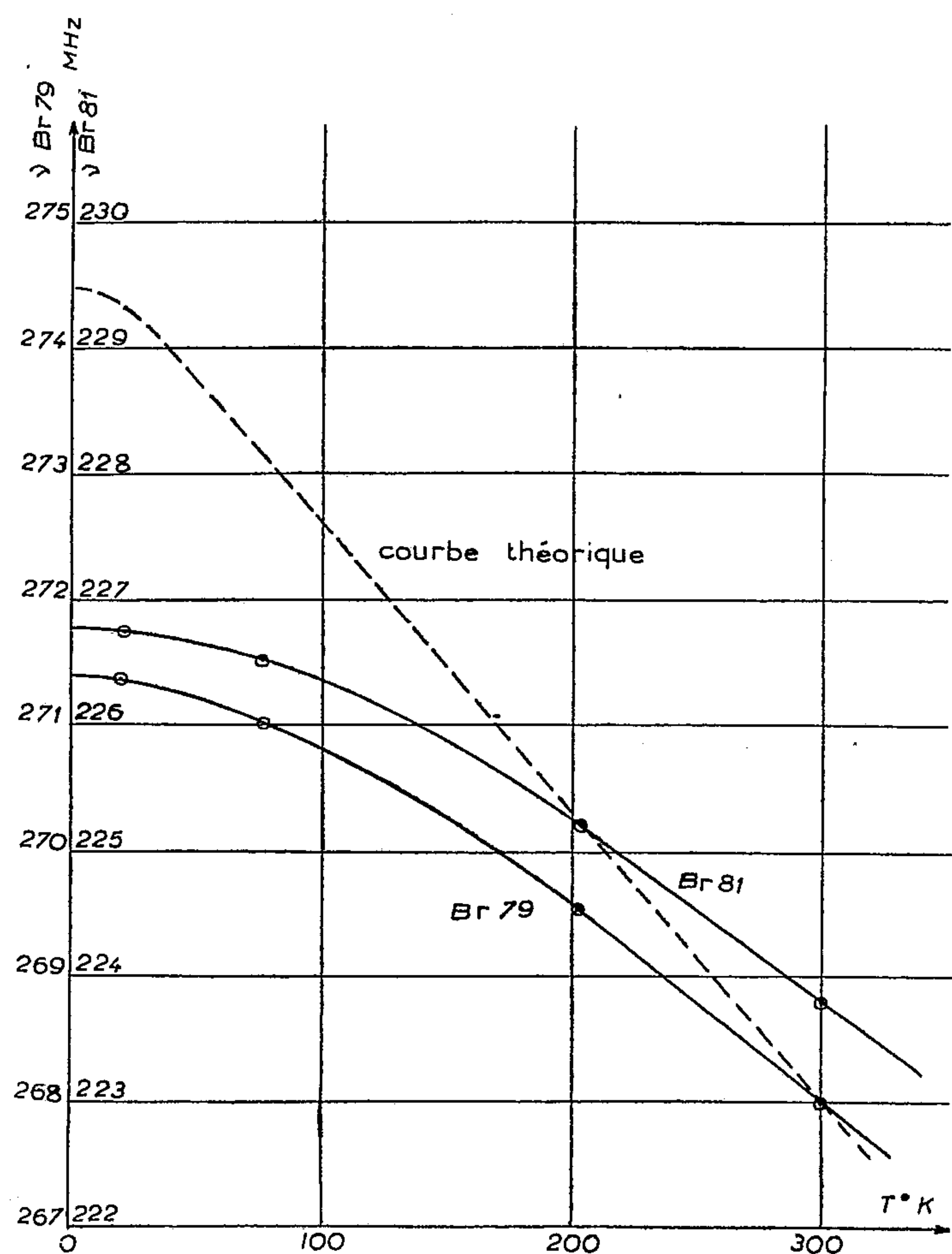


Fig. 1.

par la méthode de Gross et Vuks [6], présentait, grâce à l'encastrement, deux faces de clivage suffisamment nettes pour permettre de discerner entre le plan d'excellent clivage et celui de bon clivage (*fig.* 2). L'intersection de ces deux faces donnait aussi l'axe *c* de la maille.

(4) *Z. Kristall.*, 84, 1933, p. 85.
(5) *Acta Crystal.*, 5, 1952, p. 825.
(6) *J. Phys. Rad.*, 7, 1936, p. 113.

Nous appuyant sur l'orientation ainsi connue des plans de clivage, et enregistrant la décomposition Zeeman de la raie ^{81}Br produite par un champ magnétique continu H balayant le plan *a*, *b*, nous avons vérifié

1° Que le plan des axes des molécules a même orientation que dans *p*-$C_6H_4Cl_2$, et qu'il convient donc d'associer les atomes 1 et 2 de Br comme partenaires. En effet la raie se scinde, lorsque H est suivant O*z*, en deux raies très distinctes d'intensités égales (*fig.* 3 *b*) à la moitié de celle de la raie non perturbée (*fig.* 3 *a*), décelant la perpendiculaire commune aux liaisons C—Br.

2° Que l'angle des axes Br—Br des deux molécules de la maille est de 75°, même valeur que dans *p*-$C_6H_4Cl_2$ pour Cl—Cl [7]. En effet lorsque H balaye

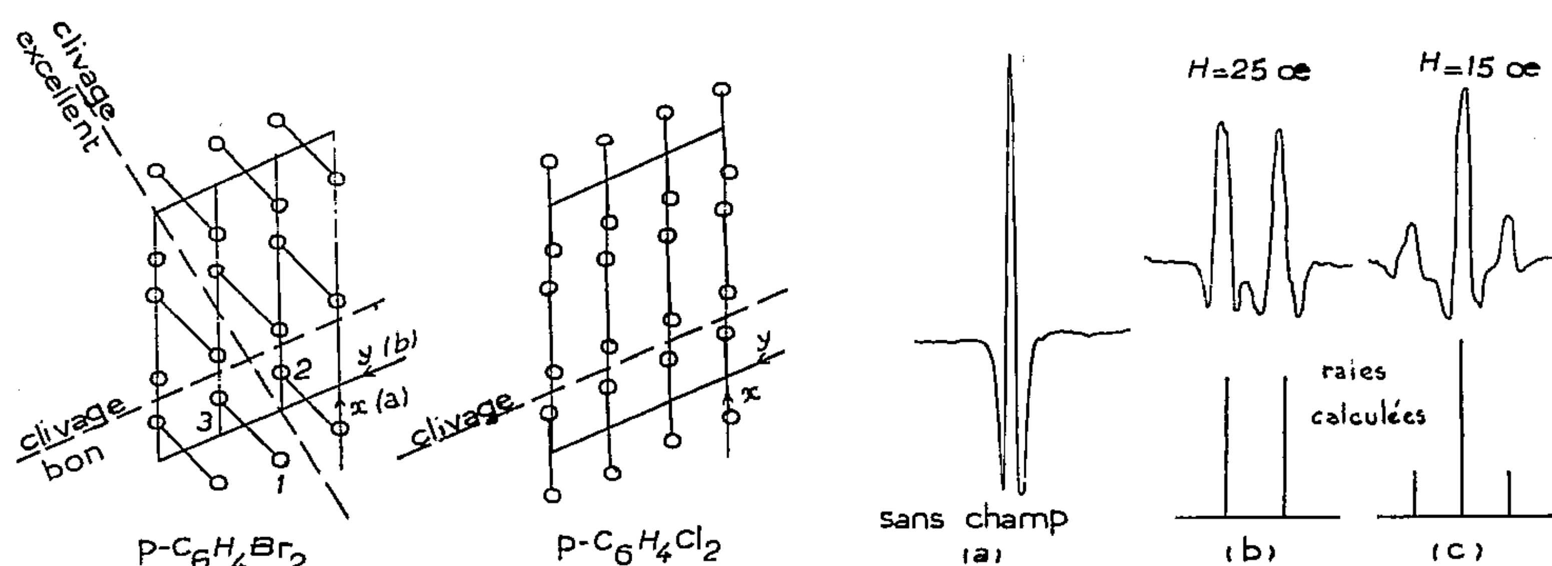


Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 2. — Projections *a*, *b* du paradibromobenzène et du paradichlorobenzène d'après B. Hendricks.

Fig. 3. — Effet Zeeman sur un monocristal de paradibromobenzène (dérivée seconde des raies d'absorption).

le plan bissecteur (plan *a*, *b*) de l'angle des axes Br—Br, une décomposition en trois raies nettes d'intensités relatives correctes apparaît pour $\widehat{H, Oz} = 42°$ (*fig.* 3*c*), indiquant la valeur caractéristique de 54° 40′ pour $\widehat{H, Br}$—Br. On tire ainsi 75° ± 2° pour l'angle cherché.

En résumé, il faut donc associer les atomes 1 et 2 de Br comme partenaires dans la même molécule, contrairement à la représentation d'Hendricks. En ce qui concerne l'angle des axes Br-Br des deux molécules de la maille, le calcul effectué à partir des paramètres donnés par Hendricks, conduit à des valeurs sensiblement égales à 75° pour les positions 1-2 et 1-3, valeur compatible avec nos mesures.

(7) Buyle-Bodin, *Thèse*, Paris, 1954 (sous presse).

CHROMATOGRAPHIE. — *Mise en évidence de relations de structure dans la chromatographie sur papier d'alcaloïdes réalisée par des solutions d'électrolytes.* Note (*) de M. **Albert Resplandy**, présentée par M. Roger Heim.

Des alcaloïdes possédant des molécules peu différentes se comportent avec une grande similitude lorsqu'on les chromatographie sur papier avec des solutions aqueuses d'électrolytes. Nous proposons d'utiliser ces relations pour orienter l'étude de structures indéterminées.

Nous avons exposé dans une précédente Note ([1]), les résultats obtenus en utilisant des solutions d'électrolytes pour le développement des chromatogrammes. Nous rappelons toutefois que les courbes $Rf = f$ (concentration en électrolyte) sont un moyen d'expression simple du comportement chromatographique des alcaloïdes. Le présent travail repose sur l'étude de ces courbes établies pour une série d'exemples pris dans différents groupes d'alcaloïdes :

1° Groupe de la morphine; cf. *fig.* 1 : morphine (1), codéine (2), α-monoacétylmorphine (3), éthylmorphine (4), héroïne (5).

2° Groupe de la tropine; cf. *fig.* 2 : scopoline (1), tropine (2), ecgonine (3).

3° Groupe des mydriatiques; cf. *fig.* 2 : scopolamine (4), homatropine (5), atropine (6).

4° Groupe de la cocaïne; cf. *fig.* 3 : benzoylecgonine (1), cocaïne (2).

5° Groupe de la strychnine; cf. *fig.* 4 : strychnine (1), brucine (2).

6° Groupe de la quinine; cf. *fig.* 5 : cinchonine (1), cupréine (2), quinine (3).

7° Groupe de l'ésérine; cf. *fig.* 6 : éséroline (1), ésérine (2), génésérine (3).

L'examen des diagrammes montre que les courbes $Rf = f(C)$ des alcaloïdes d'un même groupe ne diffèrent que par de faibles écarts. Ces écarts ne changent pas significativement de signe dans les intervalles utilisables de variation de C; la notion de groupe se traduit graphiquement par des familles de courbes qui se localisent sans s'intercepter dans des aires bien déterminées.

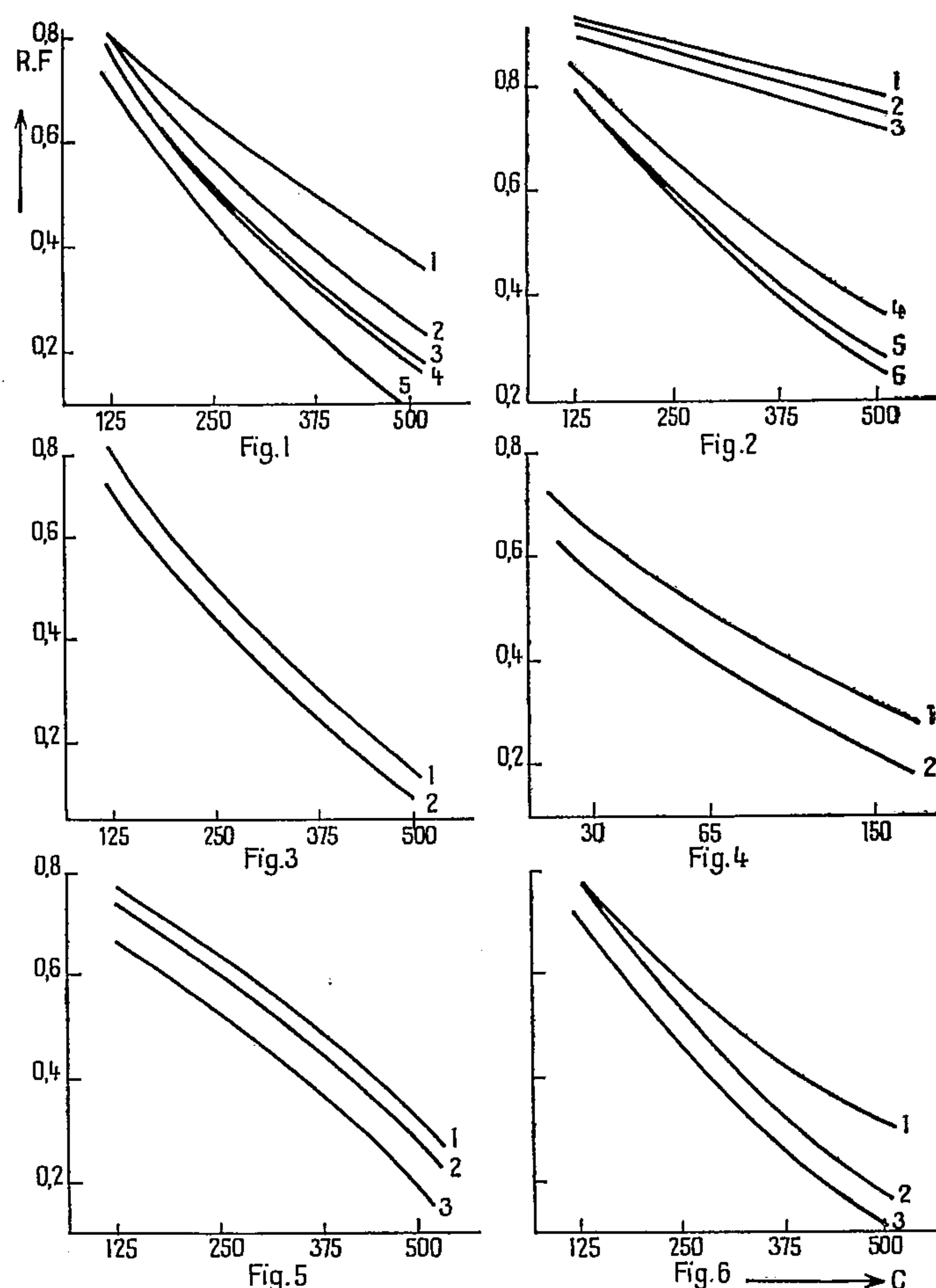
En comparant le comportement des alcaloïdes d'un groupe à celui d'une molécule de référence, il devient possible d'analyser l'action spécifique des éléments structuraux par lesquels ces alcaloïdes diffèrent. C'est ainsi qu'on peut dégager des exemples étudiés quelques observations d'ordre général : A l'exception du cas où il se forme un époxyde, dans un groupe d'alcaloïdes, les dérivés de substitution ou de combinaison sont ceux qui migrent le plus lentement. Si l'on prend comme base l'alcaloïde le moins substitué et possédant le moins de fonctions saturées, il apparaît clairement que l'action dépressive sur le Rf est d'autant plus marquée que les groupements rattachés à la molécule de référence sont nombreux et complexes. Pour le groupe de la morphine (*fig.* 1),

(*) Séance du 12 juillet 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2527.

nous aurons, par exemple, en fonction d'une diminution progressive de Rf la séquence : méthyl (2), monoacétyl (3), éthyl (4), diacétyl (5).

Nous proposons l'utilisation de ces relations pour orienter l'étude des structures non déterminées d'alcaloïdes. Des renseignements peuvent être obtenus à trois stades d'investigation :



Les chiffres en abscisses indiquent le nombre de grammes de sulfate d'ammonium contenu par litre, dans les solutions utilisées pour le développement des chromatogrammes. Dans les figures 1, 2, 3, 4, 6, les solutions aqueuses de sulfate d'ammonium ne comportent aucune addition. Dans la figure 5, les solutions ont une acidification constante par 3 % d'acide acétique cristallisable.

1° Classement dans un groupe donné d'après la gamme de solutions utilisée et la localisation des courbes $Rf = f(C)$; élaboration d'une hypothèse.

2° Contrôle de l'hypothèse par une série complémentaire de chromatographies effectuées sur des substances obtenues, à partir de l'alcaloïde indéterminé, par des réactions classiques de l'étude des structures. Un exemple

simple est celui de la confirmation apportée par l'identification d'un dérivé du groupe de la tropine dans l'hydrolysat d'un alcaloïde classé dans le groupe des mydriatiques (*fig.* 2).

3° Essais d'identification directe grâce à une série de témoins. Ceux-ci sont choisis en fonction de relations observées dans l'étude de l'action spécifique des facteurs structuraux secondaires pour le cas déterminé.

La méthode exige l'examen d'un grand nombre de substances. Cependant, ce nombre peut être souvent réduit, car il n'est pas nécessaire de renouveler des déterminations si l'on a contrôlé l'homogénéité du papier, et pris certaines précautions concernant en particulier la température [1]. Nous bénéficions par contre de l'avantage de n'avoir pas à effectuer d'isolement ou de purification pendant les différentes phases de la recherche et de pouvoir travailler sur de faibles quantités de substance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une famille de substances colorées douées du pouvoir rotatoire.* Note de MM. **Pierre Bédos** et **Charles Bertrand**, présentée par M. Marcel Delépine.

Depuis la découverte des particularités de la dispersion rotatoire des substances colorées [1], l'étude de l'effet Cotton a fait l'objet de nombreux travaux théoriques ou expérimentaux. Cependant, l'étude systématique de ce phénomène peut présenter encore un certain intérêt si on l'examine dans une famille de corps se prêtant, par substitution, à des variations notables de l'asymétrie et du spectre d'absorption de la molécule.

La famille dont nous allons décrire sommairement quelques termes est engendrée à partir de dérivés du camphre dextrogyre renfermant, sur le carbone α, un groupement électro-négatif. Traités par les sels de diazonium, certains fixent normalement, sur ce même carbone, le chromophore azoïque, qui participe ainsi directement à son asymétrie, en conférant la couleur à la molécule définitive.

Haller [2], d'une part, et son élève Minguin [3], d'autre part, ont décrit quelques substances azoïques colorées renfermant le groupement ester carboxylique ou nitrile, sans mentionner leur activité optique. A titre d'exemple, nous avons reproduit l'α-α-phénylazo-cyano-camphre (I) de Minguin F. 155° (déc.). à partir du d.camphre ; ce corps jaune est lévogyre, $[\alpha]_D = -395°$ (alcool).

Tous les groupements électro-négatifs ne se prêtent pas avec la même facilité

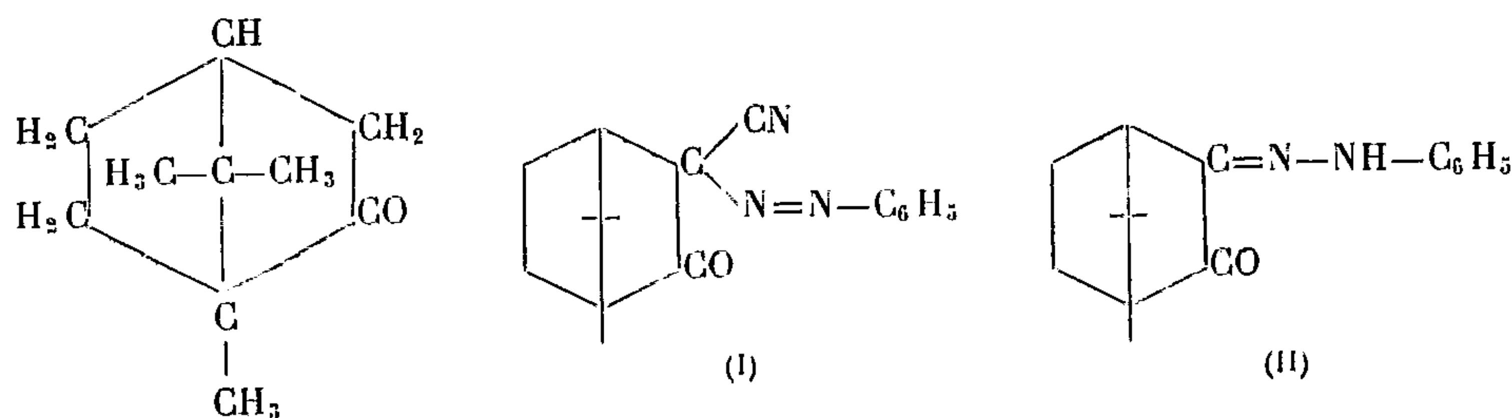
---

(1) Cotton, *Ann. Chim. Phys.*, 8, 1896, p. 347.

(2) *Comptes rendus*, **115**, 1892, p. 97. *Voir* aussi Feofilaktov, *Am. Ch. Abst.*, **45**, 1951, p. 7551 ; **46**, 1952, p. 12707.

(3) *Comptes rendus*, **115**, 1892, p. 120.

à la synthèse des dérivés azoïques correspondants. Par exemple, l'α-formyl-camphre (ou oxyméthylène-camphre) et l'acide camphre α-carboxylique, traités par le chlorure de phényldiazonium, perdent le groupement aldéhyde ou acide et engendrent ainsi la mono-phénylhydrazone de la camphoquinone (4) (II).



La fonction amide, simple ou substituée, présente une tendance marquée à se comporter comme la fonction acide génératrice, en se révélant toutefois plus stable. Une adaptation convenable de la technique de copulation nous a permis de réaliser, de façon satisfaisante, la condensation normale du chlorure de phényldiazonium avec l'amide de l'acide camphre α-carboxylique et avec son anilide. L'α.α-phénylazo-amido-camphre se présente sous forme de petits cristaux orangés F 117°, $[\alpha]_D = -95°$ (alcool). L'α.α-phénylazo-anilido-camphre cristallise en beaux prismes orangés F 129°, $[\alpha]_D = -84°$ (alcool).

Enfin, le groupement phényl-cétone de l'α-benzoyl-camphre s'est montré stable et la copulation normale de cette β-dicétone avec le chlorure de phényl-diazonium n'a présenté aucune difficulté spéciale. Le produit obtenu, après deux cristallisations dans l'alcool méthylique, se présente sous la forme de petits cristaux orangés F 144°-145°, $[\alpha]_D = +268°$ (alcool) ; mais ceux-ci, redissous dans l'alcool éthylique bouillant, donnent, au refroidissement, de longues aiguilles jaune d'or se désagrégeant vers 170°-175° et fondant ensuite très lentement, $[\alpha]_D = +937°$ (alcool). La richesse en azote et le poids moléculaire (cryoscopie dans C_6H_6) de ce dernier produit stable correspondent bien à l'α.α-phénylazo-benzoyl-camphre.

En résumé, la condensation du chlorure de phényldiazonium avec divers dérivés α-substitués du camphre renfermant certains groupements électro-négatifs variés (—CN, —COOR, $-CONH_2$, —CONHR, —CO—R) permet de réaliser la synthèse de composés azoïques colorés doués d'un pouvoir rotatoire parfois très élevé. Les bases diazotables utilisées dans l'industrie des matières colorantes étant très nombreuses, on se rend compte de la richesse que peut présenter cette famille en termes intéressants.

La préparation de ces corps est poursuivie, ainsi que l'étude de leurs

---

(4) CLAISEN et BISHOP. *Sitzungsberichte d. baeyer. Akad.* 1890, p. 460 et 478 ; BISHOP, *Thèse*, Munich 1890 ; BISHOP, CLAISEN et SINCLAIR, *Ann. d. Chem.*, **281**, 1894, p. 347 ; BETTI, *D. ch. G.* **32**, 1899, p. 1995, *Gazz. chim. ital.*, **29**, (2), 1899, p. 85.

propriétés optiques, limitée momentanément à la mesure du pouvoir rotatoire pour la lumière du sodium, parfaitement transmise par les substances jaunes ou orangées décrites ci-dessus.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le benzo-5.6 rétène.*

Note de MM. **Le-Van-Thoi** et **André Belloc**, présentée par M. Marcel Delépine.

On décrit la synthèse, en six étapes, du benzo-5.6 rétène à partir de l'acide déhydroabiétique :

Acide déhydroabiétique → déhydroabiétate de méthyle → succinoyl-6 déhydroabiétate de méthyle → carboxypropyl-6 déhydroabiétate de méthyle → céto-1' tétrahydro-1'.2'.3'.4' benzo-5.6 déhydroabiétate de méthyle → tétrahydro-1'.2'.3'.4' benzo-5.6 déhydroabiétate de méthyle → benzo-5.6 rétène.

Au cours de nos recherches sur l'acide déhydroabiétique, nous avons réalisé la synthèse du *benzo*-5.6 *rétène*, dont la structure fait prévoir la possibilité d'une activité cancérogène.

L'*acide déhydroabiétique* (I), F 172°, $[\alpha]_j + 62°$ (alcool), s'obtient facilement par déshydrogénation partielle de l'acide abiétique ou des colophanes par le soufre ([1]). Son *ester méthylique*, (II), F 62°, $[\alpha]_j + 60°$ (alcool), traité par l'anhydride succinique, en milieu nitrobenzénique et en présence de chlorure d'aluminium, donne le *succinoyl*-6 *déhydroabiétate de méthyle* (III), F 163° (aiguilles incolores, du mélange éther-éther de pétrole), $[\alpha]_j + 72°$ (alcool), avec un rendement de 60 % ([2]).

L'acide-cétone-ester (III) est réduit selon Clemmensen-Martin en *carboxypropyl*-6 *déhydroabiétate de méthyle* (IV), F 92° (aiguilles incolores, du mélange éther-éther de pétrole), $[\alpha]_j + 90°$ (alcool); rendement quantitatif. [La méthode de Wolff-Kishner modifiée par Huang-Minlon ([3]) n'est pas applicable, par suite de la formation très facile d'une *pyridazinone* stable F 195°, $[\alpha]_j + 104°$ (alcool)].

Par action de l'acide sulfurique concentré et froid sur (IV), on obtient le *céto*-1' *tétrahydro*-1'.2'.3'.4' *benzo*-5.6 *déhydroabiétate de méthyle* (V), qui cristallise du mélange éther-éther de pétrole en feuillets incolores F 125°, $[\alpha]_j + 80°$ (alcool); dinitro-2.4 phénylhydrazone, F 285° (aiguilles rouge brique, du méthanol); semicarbazone, F 305° (de l'alcool). Rendement 40 %. La cyclisation de (V) au moyen du chlorure stannique ou celle de son chlorure d'acide par le chlorure d'aluminium donne de moins bons résultats.

La réduction du céto-ester (V) selon Clemmensen-Martin donne quantitativement le *tétrahydro*-1'.2'.3'.4' *benzo*-5.6 *déhydroabiétate de méthyle* (VI),

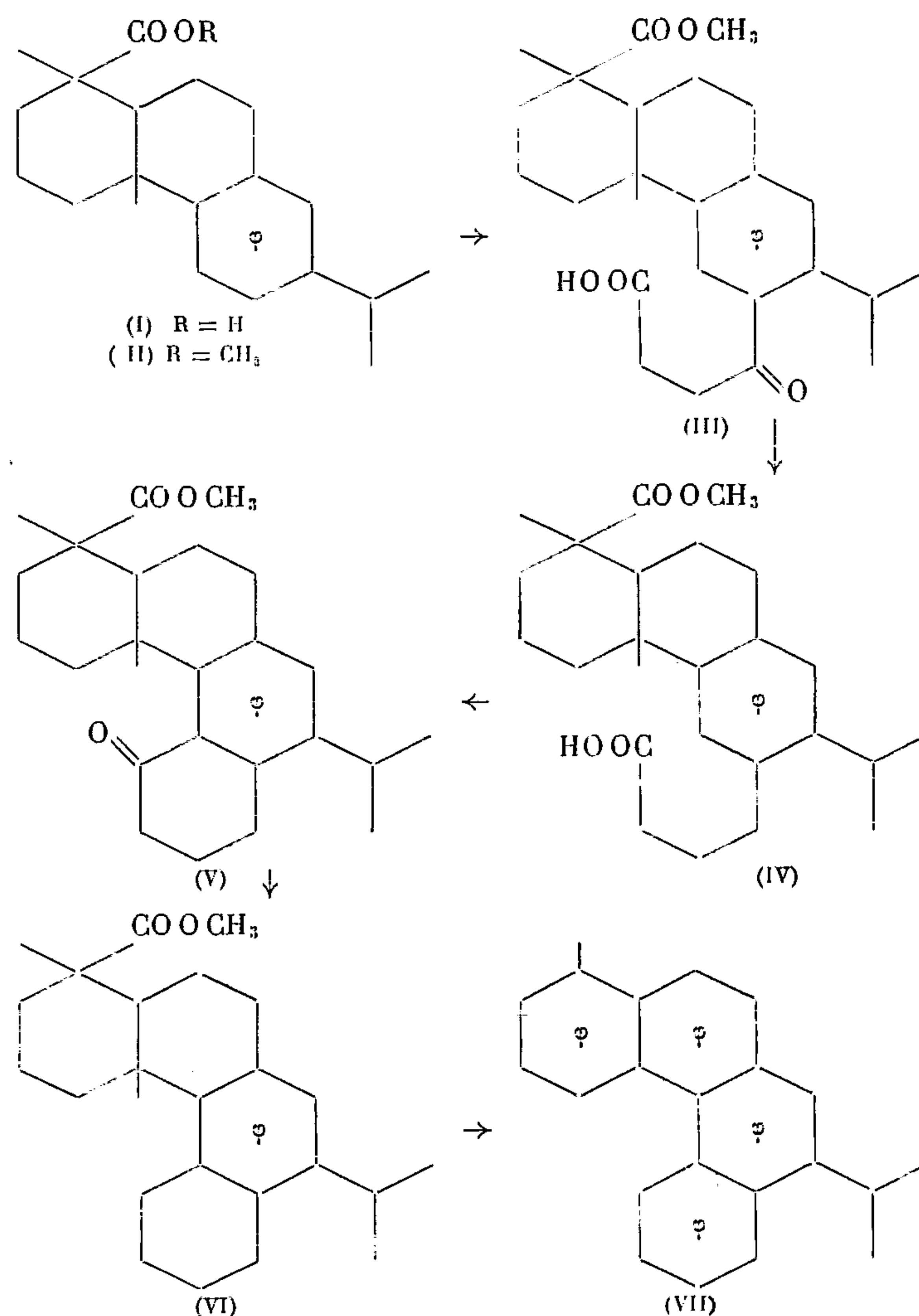
(1) R. Lombard, *Thèse*, Paris, 1943.

(2) Le-Van-Thoi et A. Belloc, *Bull. Soc. Chim.*, 19, 1952, p. 241.

(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 2487.

F 72° (aiguilles incolores, du méthanol), $[\alpha]j + 72°$ (alcool); ce dernier est finalement déshydrogéné par le sélénium ou le charbon palladié en *benzo*-5.6 *rétène* (VII), F 198° (écailles incolores, de l'alcool), avec un rendement de 30-40 %.

Le rendement final de cette série de transformations est de 10 % environ par rapport à l'acide déhydroabiétique.



Le benzo-5.6 rétène ainsi obtenu est nettement différent de l'hydrocarbure (F 88-89°, corr.) décrit sous le même nom par Adelson et Bogert ([4]), et qui est très vraisemblablement le benzo-3.4 rétène.

Le benzo-5.6 rétène ou méthyl-1 isopropyl-7 benzo-5.6 phénanthrène, qui possède la structure tétracyclique fondamentale du benzo-3.4 phénanthrène

([4]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 1776.

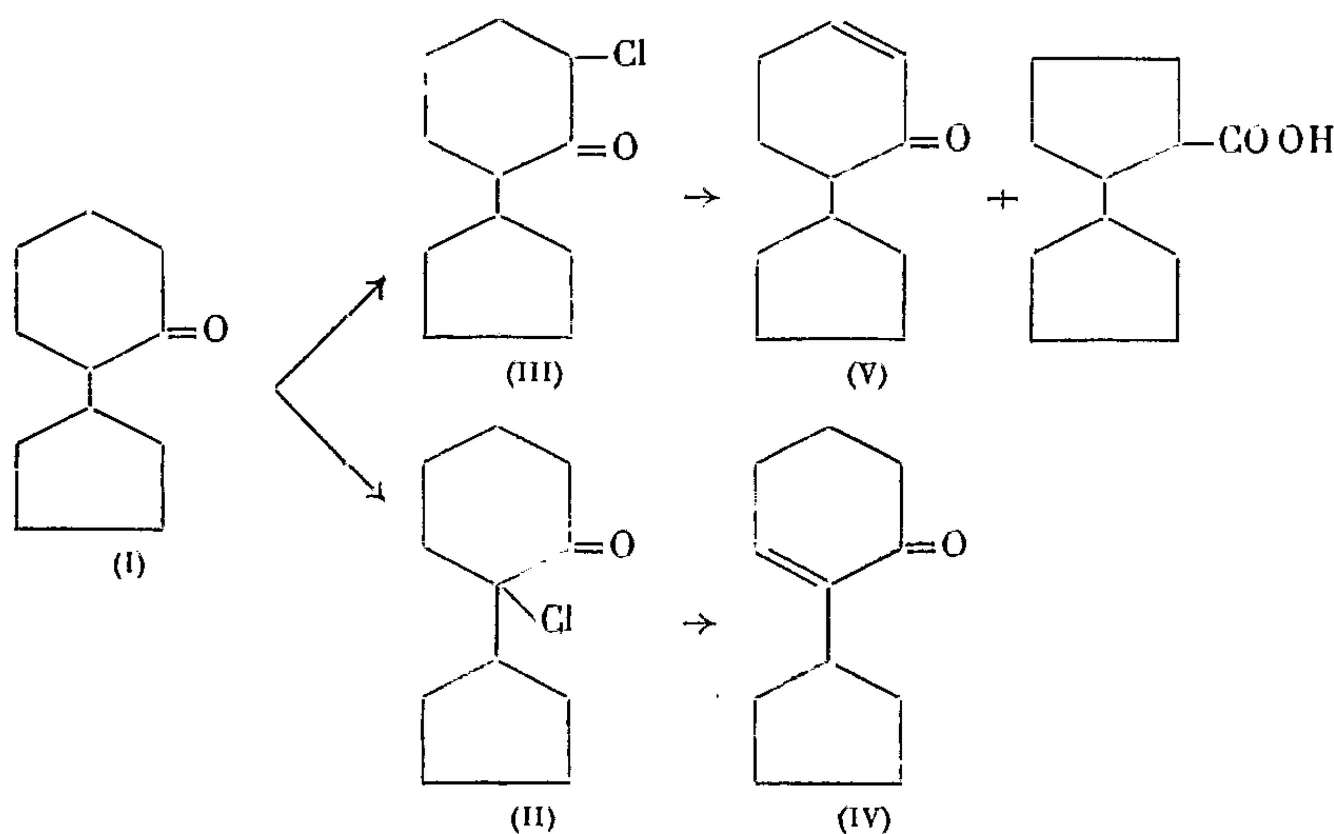
(on peut le considérer comme le méthyl-8 isopropyl-2 benzo-3.4 phénanthrène), peut être doué d'une activité cancérogène. On sait en effet que l'activité d'un hydrocarbure aromatique à noyaux condensés est en général renforcée par l'introduction convenable d'un ou plusieurs groupements alcoyles. Ainsi les méthyl-1, -2 et -5 benzo-3.4 phénanthrènes sont plus actifs que l'hydrocarbure de base; de même, le benzo-1.2 anthracène qui est pratiquement inactif, devient cancérogène si l'on introduit un groupement méthyle en 5, 6, 7, 9 ou 10, cette activité étant encore fortement accrue dans le cas du diméthyl-9.10 benzo-1.2 anthracène.

L'étude biologique du benzo-5.6 rétène est en cours.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques réactions de la cyclopentyl-2 cyclohexanone.* Note de M. **Max Mousseron** et Mme **Magdeleine Mousseron-Canet**, présentée par M. Marcel Delépine.

La déshalogénation par le méthylate de sodium des chloro-2 cyclopentyl-2 cyclohexanone et chloro-6 cyclopentyl-2 cyclohexanone donne principalement les cyclénones correspondantes. La désamination des deux cyclopentyl-2 aminocyclohexanes stéréoisomères conduit à des réactions d'élimination avec formation de carbures. Diverses cyclopentylcyclohexénones ont été décrites.

L'*o*-cyclopentylphénol (1) hydrogéné sur Ni Raney à 200° sous 200 K° conduit à l'alcool saturé correspondant, qui par oxydation chromique donne la cyclopentyl-2 cyclohexanone (I). Celle-ci est obtenue à l'état pur dans la réaction de la cyclohexanone et du chloro-2 cyclopentène en présence d'amidure de sodium; la cyclopenténylcyclohexanone ainsi obtenue donne (I) par hydrogénation D. N. P., F 157°.



(1) M. Mousseron et Mme Mousseron-Canet, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 427.

Par chloration on isole la chloro-2 cyclopentyl-2 cyclohexanone (II) à côté de la chloro-6 cyclopentyl-2 cyclohexanone (III); l'action du méthylate de sodium sur le mélange de (II) et (III) fournit la cyclopentyl-2 cyclohexène-2 one (IV) D. N. P. rouge F 139° et la cyclopentyl-2 cyclohexène-5 one (V) D. N. P. jaune F 169°, ces cyclénones se forment par un mécanisme E_2.

Leur configuration a été confirmée par l'étude de leurs spectres ultraviolets; pour D. N. P. de (IV) λmax 378 mμ logε 4,38 dans l'alcool, λmax 385 mμ logε 4,38 dans le chloroforme; pour D. N. P. (V) λmax 369 logε 4,34 dans l'alcool, λmax 372 mμ logε 4,35 dans le chloroforme.

A côté se forme une très faible quantité d'acide cyclopentyl-2 cyclopentane carboxylique S. benzylthiouronium F 147° provenant de (III) par addition de CH_3O^- sur le carbonyle. Ces résultats indiquent une réactivité réduite du carbonyle dans le mécanisme de la déshalogénation de la chlorocétone (III).

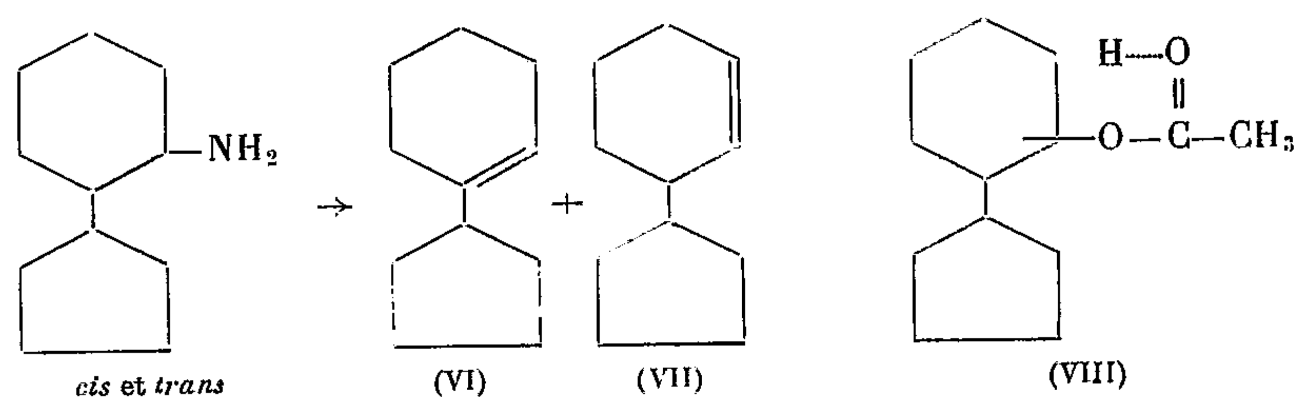
De même, le dérivé chloré (II) provenant de la cyclohexyl-2 cyclohexanone réagit avec le méthylate de sodium suivant un mécanisme E_2 pour donner la cyclohexyl-2 cyclohexène-2 one D. N. P. F 162-163°.

L'action du diazométhane sur (I) ne donne aucune augmentation de cycle, pas plus que la cyclopentyl-2 cyclopentanone, montrant la difficulté d'addition du carbonyle. L'action de l'acide cyanhydrique sur (I) prouve également une faible réactivité du carbonyle.

La cyclopentyl-2 cycloheptanone D. N. P. F 110° a été synthétisée par réaction du chloro-2 cyclopentène et de la cycloheptanone en présence d'amidure de sodium, suivie d'une hydrogénation.

L'amination catalytique de (I) conduit aux amines stéréoisomères; celles-ci ont été scindées par cristallisation dans l'alcool aqueux en deux chlorhydrates : l'un peu soluble F 201°, dérivé benzoylé F 117°, et l'autre F 160° correspondant à un dérivé benzoylé F 167°.

La désamination nitreuse a été effectuée sur chacun des chlorhydrates; dans les deux cas, seule la réaction d'élimination se produit avec formation de carbures $É_{18}$. 100° constitués par le cyclopentyl-1 cyclohexène-1 (VI) et le cyclopentyl-1 cyclohexène-2 (VII) caractérisés comme suit : le nitrite d'isoamyle et l'acide chlorhydrique donnent un nitrosochlorure blanc F 116° correspondant à (VI), (VII) ne fournissant pas de dérivé cristallisé.



D'autre part, l'action de l'acide performique sur le mélange des carbures

conduit à deux diols; l'un liquide, donne par SO_4H_2 10 % la cyclopentyl-2 cyclohexanone et correspond au cyclopentyl-1 cyclohexane diol-1.2 *trans* et provient de (VI). L'autre F 131°, stable en milieu acide, est identique à celui isolé dans l'action de l'acide performique sur le cyclopentyl-1 cyclohexène-2, carbure se formant également dans la pyrolyse à 550° de l'acétate du *cis* cyclopentyl-2 cyclohexanol (VIII) suivant un processus de *cis*-élimination.

Ces résultats diffèrent de ceux généralement observés dans la désamination nitreuse des amines cyclohexaniques substituées, les dérivés *cis* donnant des carbures par *trans*-élimination alors que les alcools *trans* de substitution dérivent des composés *trans*.

Signalons que l'amination catalytique de la cyclopentyl-2 cycloheptanone conduit aux deux amines stéréoisomères séparées par leurs dérivés benzoylés F 128-129°, F 75-77°.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Étude des déformations dans quelques spinelles de cuivre*. Note (*) de MM. **Félix Bertaut** et **Claude Delorme**, présentée par M. Charles Mauguin.

Fe_2CuO_4 et $GeCo_{2-x}Cu_x$ sont quadratiques, le rapport $[(c/a)(>1)]$ augmentant avec la concentration en ions Cu^{++} sur les sites octaédriques. Al_2CuO_4 est cubique et partiellement inverse. Cr_2CuO_4 est quadratique, $[(c/a)=0{,}92]$ et sensiblement normal à toutes les températures.

Dans cette Note nous étudions les déformations que l'ion Cu^{++} introduit dans les spinelles suivants qui sont très différents par leur nature : Fe_2CuO_4, Cr_2CuO_4, Al_2CuO_4 et $GeCo_{2-x}Cu_xO_4$.

Fe_2CuO_4 est déjà bien connu (1). Rappelons ici qu'il est cubique au-dessus de 760° C et que sa déformation quadratique croît lorsque la température de trempe décroît. La valeur maximum de c/a est 1,06. D'après les mesures d'intensité de réflexion et de saturation magnétique (2) Fe_2CuO_4 tend aux basses températures vers l'arrangement du spinelle inverse. Le degré d'inversion est mesuré par un paramètre λ, égal à la fraction d'ions trivalents (Fe^{+++}) sur les sites tétraédriques (sites A) qui tend donc vers 0,5. Le principe de sa mesure consiste dans la comparaison des intensités de deux raies voisines dont l'une croît, l'autre décroît avec λ (3).

Cr_2CuO_4 est un spinelle également quadratique, mais dont le rapport

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) L. Weil, F. Bertaut et L. Bochirol, *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 208.

(2) R. Pauthenet et L. Bochirol, *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 249.

(3) F. Bertaut, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 213 et 231, p. 1950, 88.

d'axes c/a est inférieur à l'unité. $c/a = 0,92$ [4]. L'étude du rapport K des intensités (400) et (422) ($K = (p\,|F|^2_{400})/(p\,|F|^2_{422})$) montre que Cr_2CuO_4 est un spinelle normal ($K_{obs} = 0,66$; $K_{calc}(\lambda = 0) = 0,60$ et $K_{calc}(\lambda = 0,5) = 2,6$, compte tenu des corrections de Hönl; radiation de Cr). Cela s'accorde avec ce que l'on sait sur les chromites cubiques de Fe, Co et Ni [5] qui à cause de la prédilection de Cr^{+++} pour les sites octaédriques (sites B) sont normaux. Dans toutes les trempes de Cr_2CuO_4, à des températures variables et en dessous de 900° C, les intensités de raies, le rapport c/a, donc l'entité structurale se conservent. Les cations n'y « migrent » pas comme dans Fe_2CuO_4.

Al_2CuO_4 est cubique à toutes les températures. $a = 8,086$ Å. L'étude des intensités des raies (220), (400) et (422) montre que son degré d'inversion est représenté par la valeur de $\lambda = 0,22 \pm 0,02$.

Un spinelle de formule $GeCu_2O_4$ n'existe pas [6]. Mais Cu^{++} peut se substituer dans une certaine mesure à Co, Fe et Ni dans leurs germanates qui sont des spinelles normaux (Ge^{4+} est sur les sites A). Nous avons étudié $GeCo_{2-x}Cu_xO_4$. Aux faibles concentrations ($x < 0,25$) il y a formation d'un spinelle cubique à toutes les températures. Aux concentrations dépassant $x = 0,6$ la phase $GeCuO_3$ apparaît. Aux concentrations intermédiaires on obtient un spinelle quadratique dont la température critique de transition quadratique-cubique augmente avec la teneur en Cu, la déformation maxima étant mesurée par $c/a = 1,034$ avec $a = 8,21$ et $c = 8,5$ Å. Remarquons que les valeurs limites des paramètres a entre lesquelles les germanates spinelles cubiques sont stables, sont voisines de 8,2 et 8,5 Å [7]. Cela explique que la déformation et aussi la teneur maxima de Cu sur les sites B est plus faible que dans Fe_2CuO_4. En résumé, la déformation est positive ($c/a - 1 > 0$) quand Cu^{++} est sur les sites B et négative quand Cu^{++} est sur les sites A(Cr_2CuO_4). On pourrait penser que Al_2CuO_4 reste cubique par compensation de déformations positives et négatives. Une autre explication pourrait être plus valable.

Le voisinage d'un métal de transition semble être une condition nécessaire pour que la déformation ait lieu. Ceci est à rapprocher de l'existence de surstructures quadratiques dans les systèmes NiO—CuO et CoO—CuO [8] et de leur absence dans celui de MgO—CuO.

---

(4) La plus petite maille ayant la symétrie du groupe, $D^{19}_{4h} - I4_1/amd$, est $A = 6,03$ et $C = 7,80$ Å. Pour faciliter la comparaison avec les spinelles cubiques, nous conservons la maille plus grande $a = A\sqrt{2}$; $c = C$.

(5) E. J. W. Verwey et E. L. Heilmann, *J. Chem. Phys.*, 15, 1947, p. 147.

(6) On obtient toujours $CuO + GeCuO_3$.

(7) F. Bertaut, A. Durif et R. Pauthenet, *IIIe Congrès International de Cristallographie*, Paris, juillet 1954.

(8) F. Bertaut et C. Delorme, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 356 et 238, 1954, p. 1829.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur le niveau moyen de la côte atlantique de l'Amérique du Nord.* Note (*) de M. **Bernard Saint-Guily**, présentée par M. Joseph Pérès.

Un nivellement précis a montré que le long de la côte Est de l'Amérique du Nord le niveau moyen s'élève depuis Saint-Augustine (Floride) jusqu'à Halifax (Nouvelle-Écosse). Nous proposons une hypothèse qui rend compte de cette dénivellation.

La circulation générale de l'Atlantique est essentiellement déterminée par les vents, la rotation de la Terre et une sorte de viscosité latérale due à la turbulence. Si l'on intègre les équations du mouvement suivant la verticale, depuis la surface jusqu'à une profondeur h constante où le frottement est supposé nul, on obtient les équations du transport de masse; on réduit ainsi le mouvement à trois dimensions en un mouvement à deux dimensions. Nous utilisons les coordonnées sphériques.

Soit $\vec{u}$ le vecteur vitesse, le transport de masse $\vec{M}(U, V, 0)$ est défini par

$$\vec{M} = \int_{-h}^{0} \vec{u}\, dz; \tag{1}$$

l'équation

$$\operatorname{div} M = 0; \tag{2}$$

montre qu'il existe une fonction de courant χ définie par

$$U = \frac{1}{a\cos\psi}\frac{\partial\chi}{\partial\varphi}, \qquad V = \frac{1}{a}\frac{\partial\chi}{\partial\psi}, \tag{3}$$

où ψ désigne la latitude, φ la longitude comptée positivement vers l'Est, a le rayon de la terre supposée sphérique.

Appliquons l'opérateur rotationnel aux équations du transport de masse; la composante suivant la verticale oz donne une équation du quatrième ordre pour χ soit

$$\Delta^*\Delta^*\chi + 2\Delta^*\chi - \frac{2\omega a^2}{l}\frac{\partial\chi}{\partial\varphi} = \frac{a^3}{l}\,\overrightarrow{\operatorname{rot}}\,\tau|_z; \tag{4}$$

où l'opérateur Δ^* a le sens suivant :

$$\Delta^* = \frac{1}{\cos\psi}\frac{\partial}{\partial\psi}\left(\cos\psi\frac{\partial}{\partial\psi}\right) + \frac{1}{\cos^2\psi}\frac{\partial^2}{\partial\varphi^2}; \tag{5}$$

ω désigne la vitesse angulaire de la rotation de la terre, l le coefficient de

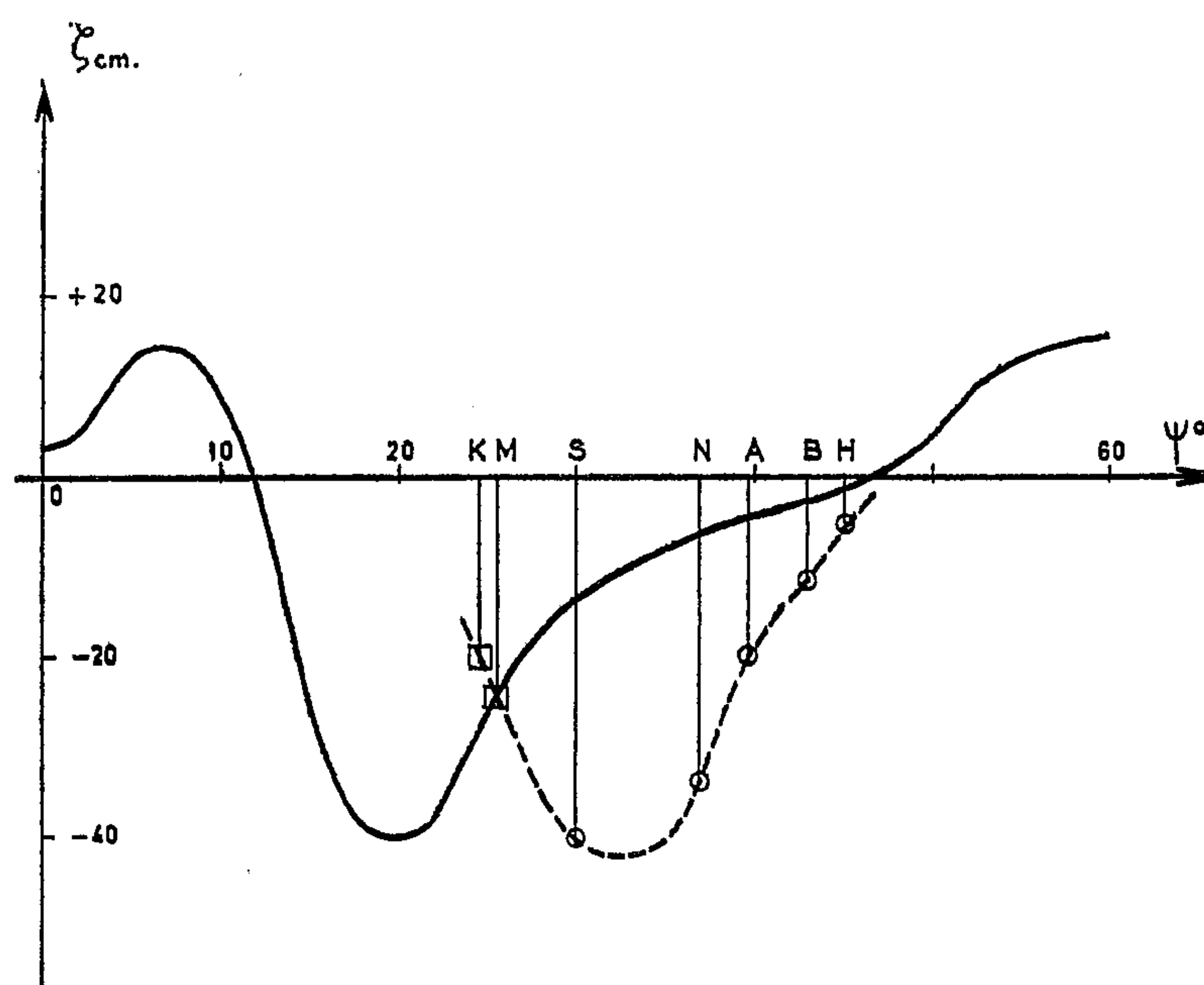
(*) Séance du 26 juillet 1954.

viscosité turbulente latéral et, $\vec{\tau}(\tau_\psi, \tau_\varphi, 0)$ désignant le vecteur impulsion dû au vent :

$$\overrightarrow{\text{rot}}\, \tau \,|_z = \frac{1}{\cos\psi}\left[\frac{\partial\tau_\psi}{\partial\varphi} - \frac{\partial}{\partial\psi}(\tau_\varphi \cos\psi)\right]; \tag{6}$$

Les océanographes prennent comme profondeur h celle de l'océan étudié. Mais nous pensons que cette profondeur de frottement nul doit coïncider approximativement avec la profondeur maximum de gradient vertical de densité (thermocline), c'est-à-dire du maximum de stabilité.

Si nous appliquons maintenant l'opérateur divergence aux équations du



transport de masse, nous obtenons une équation du deuxième ordre pour la dénivellation ζ du niveau moyen :

$$\Delta^*\zeta = -\frac{1}{g}\Delta^* p_0 + \frac{1}{gh}\left[\text{div}\,\tau - 2\omega\sin\psi\,\Delta^*\chi - 2\omega\cos\psi\,\frac{\partial\chi}{\partial\psi}\right], \tag{7}$$

où p_0 désigne la pression atmosphérique.

Nous avons effectué les calculs en coordonnées sphériques pour un océan limité par deux méridiens et deux parallèles de dimensions comparables à celles de l'Océan Atlantique. Nous avons pris une distribution de vents « zonale » voisine de celle existant sur l'Atlantique et pour valeurs de h et l respectivement 200 m et 2.10^7 C. G. S. Sur la figure, on a porté en fonction de la latitude ψ en trait plein les niveaux moyens calculés, en tirreté le niveau moyen déduit des observations. Les points H, B, A, N, S correspondent à un

nivellement effectué respectivement entre : Halifax, Boston, Atlantic-City, Norfolk et Saint-Augustine. Les points M et K (Miami et Key West) sont en partie estimés, mais la remontée du niveau moyen le long de la Floride vers le Sud est certaine. Si l'on tient compte du décalage systématique de 10° de latitude entre la circulation réelle et celle du modèle théorique, la concordance des courbes de niveau moyen est satisfaisante.

BIOLOGIE. — *Nouveaux résultats de mesure photoélectrique de la pénétration de radiations lumineuses visibles jusqu'au cerveau, par le côté et le sommet de la tête, chez des Canards blancs et pigmentés.* Note de (*) MM. **Jacques Benoit, Ladislav Tauc** et **Ivan Assenmacher**, transmise par M. Robert Courrier.

La pénétration jusqu'à l'encéphale des radiations lumineuses est chez un Canard blanc, étudié peu après la mort, du même ordre ou plus grande selon la longueur d'onde, par voie jugale ou apicale que par voie transorbitaire, mais beaucoup plus faible dans les mêmes conditions chez un Canard coloré. Par contre les radiations pénètrent toujours par la voie transorbitaire, indépendamment de la pigmentation de l'Oiseau.

Nous avons récemment décrit une méthode photoélectrique permettant la mesure précise et rapide du degré de pénétration jusqu'au cerveau de diverses radiations visibles monochromatiques, au travers de la région orbitaire ([1]). Elle nous permit de déterminer les opacités de la région orbitaire vis-à-vis de radiations émises par une ampoule électrique de 500 W, placée devant l'œil, avec interposition successive de filtres colorés ou interférentiels sélectifs. Ces opacités, d'autant plus grandes que la longueur d'onde utilisée était plus courte, augmentaient, à partir d'une heure environ après la mort, et plus rapidement pour les radiations de courte longueur d'onde. Nous avons entrepris des déterminations analogues sur deux autres régions, jugale et apicale, de la tête du Canard, chez un Canard Pékin, à plumes blanches, et chez un Canard de race mélangée (Rouen×Barbarie), à peau pigmentée et à plumes très fortement colorées (pigment vert foncé et noir). Nos résultats, exprimés par le tableau ci-joint, peuvent être ainsi interprétés :

1° Dans les limites temporelles de nos déterminations d'opacités dans la région jugale du Canard blanc (*cf.* tableau, colonnes *c* et *d*), le *facteur temps* nous apparaît *pratiquement négligeable*, à l'encontre de ce que nous avions précédemment observé au niveau de la région orbitaire (*a* et *b*) où, après un délai de une heure environ, l'opacité augmente avec le temps et d'autant plus que la longueur d'onde est plus courte.

(*) Séance du 2 août 1954.

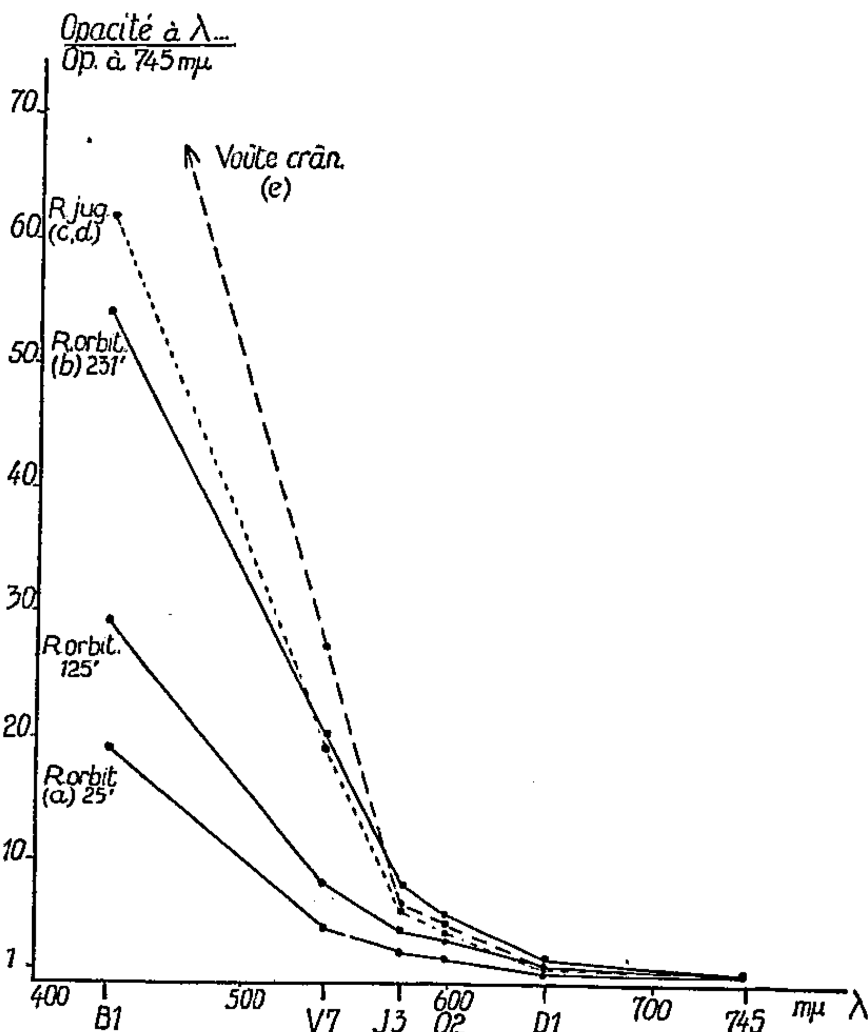
([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 451.

2° *Les pénétrations* des quantités de lumière par la région *jugale* et par le *sommet de la tête* sont *importantes* chez le Canard blanc (*c*, *d*, *e*), voire supérieures à celles observées pour la région orbitaire, en ce qui concerne les radiations rouges, orangée et jaune (*a*, *b*).

Opacité, mesurées à différents temps après la mort, des régions orbitaire, jugale et de la voûte crânienne, chez un Canard blanc et un Canard coloré.

		Canard blanc (Pékin)					Canard fortement pigmenté (Rouen × Barbarie)	
Filtre.	λ max (en mμ).	*a.* R. orbit. (25').	*b.* R. orbit. (231').	*c.* R. jug. (51').	*d.* R. jug. (335')	*e.* voute crân.	*f.* R. jug.	*g.* voute crân.
Bleu indigo B 1...	435	1 260	4 300	990	840	1 400	40 000	23 000
Vert V 7.........	540	295	1 580	310	300	430	63 000	43 000
Jaune J 3........	578	176	630	87	93	100	50 000	20 000
Orangé 02.......	599	143	460	61	65	79	40 800	22 000
Rouge D 1.......	647	76	157	21	20	24	12 000	7 300
Rouge 745.......	745	66	79	16	11	16	4 000	1 200

3° Ces pénétrations sont en revanche *très faibles chez le Canard pigmenté*. Elles sont chez lui plus faibles de 200 à 600 fois pour la région jugale, et de 100 à 300 fois environ pour le sommet de la tête, que celles observées chez le Canard blanc. Il n'y a au contraire point de différence d'opacité pour la voie



Opacités relatives des régions orbitaires jugale et de la voûte crânienne, en fonction du rouge extrême (opacité à λ 745 mμ = 1) chez un Canard blanc.

orbitaire entre les Canards blancs et les Canards pigmentés. La pénétration lumineuse s'accomplit en effet essentiellement par le globe oculaire. Or les Canards Pékin blancs ne sont pas des albinos, et leurs pigments oculaires sont les mêmes que chez les races colorées. La voie orbitaire représente donc, pour les Canards pigmentés, pratiquement la seule voie d'accès des radiations extérieures à la région hypothalamique de l'encéphale.

4° Les valeurs relatives des opacités aux diverses longueurs d'onde rapportées à l'opacité minimum (opacité à une λ donnée/opacité à λ 745 mμ (*fig.* 1) sont, dans les deux mesures par voie jugale (*c* ou *d*) et par la voie orbitaire, chez le Canard blanc, très voisines, d'une série à l'autre, pour une même longueur d'onde, si l'on choisit comme série de la voie orbitaire celle qui correspond au plus long délai après la mort (*b*), c'est-à-dire après les altérations *post mortem* de l'œil. L'œil altéré a l'opacité des tissus neutres. Au contraire, peu après la mort (condition comparable, nous le savons, à la condition *in vivo*), la voie orbitaire est, par rapport aux autres voies, relativement meilleure conductrice des radiations de courte longueur d'onde que la voie jugale.

Ces différentes données peuvent avoir sur le phénomène de la stimulation par la lumière des centres nerveux hypothalamiques, de la préhypophyse et des glandes génitales des répercussions sensibles, que nous discuterons dans un mémoire plus étendu.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Structure de deux triholosides du lait de Femme.* Note (*) de M. **Jean Montreuil**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Deux triholosides ont été isolés du lait de Femme à l'état pur par chromatographie séparative sur papier; des techniques d'analyse comportant l'application des méthodes classiques à la chromatographie sur papier ont permis d'en déterminer la composition et de proposer des schémas structuraux provisoires.

Dans une Note précédente, en collaboration avec M. Polonovski (1), nous avons signalé l'existence parmi les polyosides du lait de femme de deux composés dont la position sur les chromatogrammes permet de penser qu'il s'agit de triholosides. Nous en avons étudié la structure en mettant en œuvre des techniques générales d'analyse dont nous avons mis au point l'application à la chromatographie sur papier.

L'isolement des triholosides a été réalisé au moyen de chromatogrammes séparatifs sur papier Whatman n° 3, à partir de solutions contenant le mélange de polyosides du lait de Femme. Une première série de chromatogrammes est

(*) Séance du 26 juillet 1954.

(1) M. Polonovski et J. Montreuil, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2263.

effectuée dans le système-solvant : pyridine-acétate d'éthyle-eau (1:2:2), dont le passage est prolongé pendant 4 ou 5 jours. On obtient ainsi le mélange des deux triholosides A et B, dont la séparation chromatographique se fait ensuite dans le système-solvant : phénol-isopropanol-acide formique-eau (85:5:10:100).

Les triholosides isolés sont réducteurs et fortement lévogyres. Les hydrolysats chlorhydriques, purifiés par passage sur des colonnes d'échangeurs d'anions, sont chromatographiés dans le système-solvant : butanol-acide acétique-eau (4:1:5). Le dosage des oses constituants (glucose, galactose, fucose) par notre technique au ferricyanure ([2]) montre que les proportions moléculaires sont identiques dans les deux polyosides (1:1:1).

La structure a été étudiée à l'aide des techniques suivantes :

a. Des hydrolysats sulfuriques ménagés (SO_4H_2 N/2), réalisés pendant des temps très courts (2 à 15 mn), sont purifiés par passage sur des microcolonnes de *Deacidite*, puis chromatographiés. On obtient ainsi, pour les deux sucres, du fucose et un holoside dont le R_f correspond à celui du lactose et dont l'hydrolyse fournit du galactose et du glucose.

b. La nature de l'ose portant le groupement réducteur a été déterminée par l'étude des produits d'oxydation des triholosides par le brome : des quantités de l'ordre de 1 à 10 mg sont dissoutes dans 0.5 ml d'eau distillée et soumises à l'action du brome (25 μl) en présence de 0,05 g de carbonate de calcium. Le brome est éliminé sous pression réduite et de l'acide chlorhydrique est ajouté à la solution en quantité suffisante pour obtenir, après neutralisation du carbonate de calcium, une solution N/1. Après chauffage en tube scellé pendant 30 mn à 100° C, l'hydrolysat est purifié par passages successifs sur échangeurs de cations (*Permutite* 50) et d'anions (*Deacidite* 200). La chromatographie sur papier révèle la présence de galactose et de fucose. Le glucose est donc dans les deux cas terminal ; d'autre part, le fait qu'il est oxydé en totalité confirme qu'il s'agit bien de triholosides.

c. Des hydrolysats obtenus par l'action d'enzymes spécifiques sont soumis à l'analyse chromatographique après purification : la configuration β des liaisons glucosidiques a pu ainsi être déterminée.

Nous pouvons donc proposer pour les triholosides A et B du lait de Femme l'une des structures suivantes : *β-fucosido-β-galactosido-glucose* ou *β-galactosido*\\ *β-fucosido*/ *glucose*, la nature de l'isomérie de deux sucres restant à préciser.

([2]) J. MONTREUIL, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1639.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Chromatographie sur papier des acides organiques fixes de l'urine.* Note (*) de MM. **Roger Osteux** et **Jean Laturaze**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Un traitement préalable par un échangeur d'anions permet d'obtenir à partir de l'urine un extrait contenant les acides organiques fixes et se prêtant parfaitement à la chromatographie sur papier; 27 composés acides ont été décelés dans l'urine normale, parmi lesquels 18 ont été identifiés.

Depuis la Note de Lugg et Overell [1], les nombreuses tentatives d'identification des acides organiques non volatils par chromatographie sur papier ou sur échangeurs d'ions ont donné des résultats satisfaisants tant qu'on opérait sur des solutions-témoins ou sur des milieux biologiques relativement simples. Mais dans la plupart des cas, la coexistence de nombreuses substances minérales et organiques a rendu pratiquement impossible l'application des techniques proposées.

Il nous a donc semblé intéressant de mettre au point une technique générale de préparation des liquides biologiques permettant la mise en évidence des acides organiques par chromatographie sur papier. L'urine constituait une matière première de choix, à cause de sa richesse en composés « chromatographiquement » gênants : sels minéraux, urée, amino-acides, peptides, pigments, etc.

Un séjour de quelques heures à + 4° C précipite d'abord la plus grande partie de l'acide urique; l'urine filtrée est ensuite passée sur une colonne de résine à échange d'anions (*Deacidite* ou *Amberlite* IR4B); après lavage, on élue sélectivement les anions organiques au moyen d'une solution d'acide formique de titre choisi : les acides organiques fixes sont déplacés presque en totalité par une solution à 11 % (*v/v*), c'est-à-dire 2,9 M, tandis que les anions minéraux, en particulier l'ion phosphorique (le plus gênant), ne sont pratiquement élués qu'à une concentration de 20 % en acide formique (5,3 M). Le liquide d'élution est concentré par distillation sous pression réduite à + 30°C et l'extrait ainsi obtenu est soumis à la chromatographie descendante sur papier bidimensionnelle, dans les conditions suivantes : papier Whatman n° 3. 57 × 46 cm; solvant n° 1 basique, selon Macheboeuf et coll. [2] : Alcool absolu 80, Ammoniaque à 21° B 5, Eau 10; durée 24 h à + 20° C, le front dépassant le bord inférieur du papier; solvant n° 2 acide : Butanol 70, Acide formique 30, Eau 120; le front doit arriver tout près du bord du papier. Après séchage, les acides fixes sont révélés soit par pulvérisation d'une solution de vert de bromocrésol [1], soit par une modification de la technique de Isherwood et Hanes [3] au nitrate d'argent ammoniacal. D'autre part,

(*) Séance du 2 août 1954.

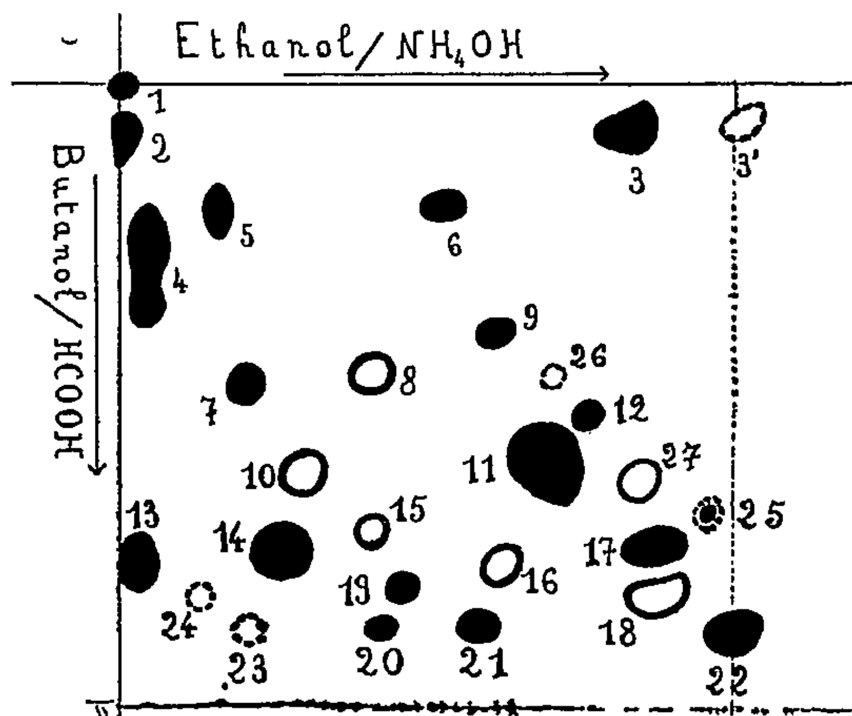
(1) *Nature*, 160, 1947 p. 87.

(2) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 34, 1952, p. 380.

(3) *Biochem. J.*, 55, 1953, p. 824.

des réactifs spécifiques permettent la caractérisation de nombreuses taches : réactif de Berg et d'Uffelmann (acides citrique, tartrique, lactique, déhydro-ascorbique, malique, glycolique, succinique, tache n° 10), réactif au nitrate mercurique (ion phosphorique, dérivés puriques), orthophénylène-diamine ou 2,4-dinitrophénylhydrazine (acides cétoniques), réactif de Kœnig (dérivés nicotiniques), réactif de Nessler (acide lactique), etc. Enfin, l'emploi de témoins internes achève l'identification.

Le schéma ci-contre résume nos résultats; il correspond au chromatogramme de l'extrait de 15 ml d'urine d'adulte normal. Nous ne retrouvons pas



En trait pointillé : taches inconstantes; en trait continu : taches non identifiées; en disques pleins : taches identifiées. Le premier nombre entre parenthèses désigne le R_f dans le butanol formique, et le second nombre le R_f dans l'éthanol-ammoniaque, celui-ci étant calculé par rapport à l'acide hippurique, dont le R_f est arbitrairement fixé à 1.

1 : oxalique (0,0-0,0); 2 : phosphorique (0,07-0,0); 3 : urique (0,07-0,83); 3' : urique ou dérivé purique (0,06-1,0); 4 : citrique (0,28-0,05); 5 : tartrique (0,20-0,16); 7 : malique (0,48-0,20); 8 : ? (0,46-0,41); 9 : glycérique (0,39-061); 10 : ? (0,62-0,30); 11 : pyrrolidone-carboxylique (0,57-0,68); 12 : glycolique ? (0,53-0,76); 13 : aconitique (0,77-0,03); 14 : succinique (0,75-0,26); 15 : ? (0,73-0,41); 16 : ? (0,78-0,63); 17 : lactique (0,75-0,88); 18 : ? (0,82-0,88); 19 : glutarique (0,82-0,46); 20 : fumarique (0,88-0,43); 21 : adipique (0,87-0,58); 22 : hippurique (0,88-1,0); 23 : ? (0,88-0,21); 24 : ? (0,83-0,13); 25 : nicotinique (0,69-0,96); 26 : ? (0,47-0,70); 27 : ? (0,64-0,84).

les acides α-cétoniques : ou bien ils ne sont pas déplacés de la Deacicite (acide α-cétoglutarique), ou bien ils sont détruits lors de la concentration. Les esters phosphoriques ne sont pas non plus élués par l'acide formique à 11 % : ces deux catégories de composés acides doivent donc faire l'objet d'une analyse séparée. Malgré cette restriction, la mise en évidence d'environ 27 acides organiques fixes dans l'urine humaine normale, parmi lesquels 18 ont pu être identifiés, nous paraît une justification suffisante de la méthode analytique que nous proposons.

PHYSIOLOGIE. — *L'incrément thermique critique de la respiration,* in vitro, *du tissu rénal de Rat blanc et de Hamster* (Cricetus cricetus). Note (*) de M. **Charles Kayser**, transmise par M. André Mayer.

On sait depuis longtemps ([1]) que la résistance à l'hypothermie est beaucoup plus développée chez les Mammifères hibernants que chez les autres : l'arrêt du cœur en hypothermie se fait à une température d'environ 10°C plus basse chez les premiers. Mais si l'on étudie le cœur *in vitro*, en le perfusant, on constate que l'arrêt du cœur se fait à peu près à la même température chez le Rat et chez le Hamster [Adolph ([2])].

Si l'on étudie la conduction d'un nerf périphérique *in vitro*, on voit que le nerf de Rat ne conduit plus en dessous de 9°C, tandis que le nerf de Hamster conduit jusqu'à 3,4°C [Chatfield et coll. ([3])].

En étudiant la respiration du tissu rénal de Rat et de Hamster (*Cricetus cricetus*) nous avons pu constater que l'action de la température était différente chez les deux espèces.

Nous avons suivi la consommation d'oxygène de coupes de tissu rénal de Rat blanc (souche Commentry) et de Hamster ordinaire, réveillé en été. Les mesures ont été faites dans l'appareil de Warburg ([4]) sur des coupes effectuées au microtome de Herbain ([5]). Le liquide de suspension a été le milieu II de Krebs ([6]) sans adjonction de fumarates, ni de pyruvates, ni de lactates.

L'ensemble des résultats est rapporté sur le tableau ci-contre.

Il résulte de l'ensemble de ces chiffres que la consommation d'oxygène des coupes de rein est différemment modifiée chez le Rat et le Hamster. En exprimant la température par son inverse, $1/T$, où T est la température absolue, et la consommation d'oxygène par $\mathrm{Log}\,O^2$, on peut évaluer l'effet de la température sur la respiration par l'incrément thermique critique d'Arrhénius ([7]), ([8]) qu'on calcule à partir de la droite de la pente.

Dans le cas du Rat, nous trouvons la valeur de 13 319 (correspondant à une

(*) Séance du 19 juillet 1954.

([1]) A. Walther, *Du Bois Reymond Arch. Physiol.*, 1865, 25-61.

([2]) *Amer. J. Physiol.*, 166, 1951, p. 75-91.

([3]) P. O. Chatfield, A. F. Battista, Ch. P. Lyman et J. P. Garcia. *Amer. J. Physiol.*, 155, 1948, p. 179-185.

([4]) *Métabolisme cellulaire et métabolisme des tumeurs*, 2 vol. (trad. Aubel et Genevois), Alcan, Paris, 1928.

([5]) *Bull. Soc. Chim. biol.*, 33, 1950, p. 1062-1066.

([6]) *Biochem. et Biophys. Acta*, 4, 1950, 249-269.

([7]) S. Arrhenius, *Ergebn. Physiol.*, 7, 1908, p. 480-561.

([8]) W. J. Crozier, *J. gen. Physiol.*, 7, 1925, p. 123-126.

pente $b = 2\,895{,}5$, pour $N = 26$ valeurs; coefficient de corrélation $r = 0{,}984$) pour la consommation d'oxygène du tissu frais (poids moyen des rats : $203 \pm 15{,}5$ g). En ramenant la consommation d'oxygène au poids sec du tissu, l'incrément thermique critique est de 14 405,5. Le test t de variance des pentes b montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux valeurs ($t = 1{,}205$ pour 48 degrés de liberté; p est situé entre 0,5 et 0,1).

Consommation d'oxygène de coupes de rein de Rat blanc (souche Commentry) et de Hamster ordinaire (Cricetus cricetus).

Rat blanc.

Température (°C).	O_2 consommé en mm^3 par mg de tissu frais.	tissu sec.	Poids des animaux (g).	Nombre de mesures.
38....	2,399	20,090	209	4
34....	1,755	10,575	210	1
30....	1,632	10,630	198	3
26....	1,280	8,314	210	1
23....	1,039	7,344	203	8
18....	0,583	3,723	210	1
15....	0,433	2,919	196	4
10....	0,370	2,397	210	1
7....	0,233	1,454	198	3

Hamster.

Température (°C).	O_2 consommé en mm^3 par mg de tissu frais.	tissu sec.	Poids des animaux (g).	Nombre de mesures.
38....	2,151	16,038	245	2
36....	1,952	12,870	240	1
34....	1,869	14,467	220	1
30....	1,570	10,644	305	2
26....	1,225	7,600	230	1
23....	0,896	6,246	235	2
20....	0,813	5,005	225	2
18....	0,727	4,586	380	1
15....	0,528	3,232	285	2
12....	0,427	3,204	230	1
10....	0,391	2,669	270	1
8....	0,377	2,427	200	2
7....	0,257	1,509	230	1
5....	0,269	1,786	240	1

Les valeurs que nous calculons pour le Hamster d'un poids moyen de 264 ± 43 g, sont les suivantes : l'incrément thermique critique est de 11 151 ($N = 20$, $b = 2\,424{,}2$, $r = 0{,}991$) pour la consommation du tissu frais. L'incrément thermique critique est de 11 761,2 ($b = 2\,556{,}8$, $r = 0{,}988$) pour la consommation d'oxygène du rein de Hamster réveillé, ramenée au poids sec. Les deux valeurs obtenues ne diffèrent pas ($p = 0{,}5$).

Mais si nous testons les valeurs des pentes b du tissu rénal de Rat et du tissu rénal de Hamster, nous constatons que le test t de variance des pentes est de 3,587 dans le cas du tissu frais, de 2,693 dans le cas du tissu sec. Dans les deux cas, $p < 0{,}01$, montre qu'il s'agit d'une différence hautement significative. Il en résulte que la température agit différemment sur la respiration cellulaire d'un tissu (rein) d'Homéotherme ou d'Hibernant.

Conclusions. — L'incrément thermique critique de la respiration *in vitro* de tissu rénal est différent chez le Rat blanc et le Hamster ordinaire, réveillé en été.

AÉROSOLOGIE. — *Sur le coefficient de reflux de certains appareils d'aérosolthérapie.* Note (*) de M. **Raymond Boucher** et Mlle **Germaine Lenoble**, présentée par M. Gustave Ribaud.

De récentes études ([1]) ont souligné l'importance de l'allure des distributions particulaires pour les aérosols utilisés en thérapeutique. La théorie et l'expérience ont montré ([2]) en effet que le spectre granulométrique des dispersions liquidiennes médicamenteuses doit culminer pour certains cas au-dessus de 5 μ (voies aériennes supérieures) tandis que pour d'autres il doit être maximum aux environs de 0,2 μ (voies aériennes profondes). Enfin il est parfois intéressant d'employer un spectre très étalé (otho-rhino-laryngologie) tandis que pour d'autres applications (traitement transpulmonaire) on a avantage à utiliser une distribution en pic avec un écart type très faible. Pour produire ces différentes distributions particulaires, les générateurs d'aérosolthérapie utilisent des principes variés tels que l'atomisation pneumatique, la pulvérisation avec obstacle et reflux, le fractionnement d'un voile liquide par ondes ultrasonores, la centrifugation, etc.

Dans la présente série d'études nous avons concentré notre attention sur des générateurs d'aérosols médicaux de types différents qui sont décrits ci-après :

Type A : La tête de pulvérisation pneumatique émet une dispersion liquidienne dont le spectre granulométrique s'étend et culmine vers des dimensions supérieures à celles utilisées en thérapeutique. Afin de ramener la distribution corpusculaire à la taille et à la forme requises, on dispose une série d'obstacles au-dessus du jet de pulvérisation. Les microgouttelettes de trop grande masse sont alors collectées sur ces obstacles et refluées directement dans le godet alimentant le pulvérisateur.

Type B. — La tête d'atomisation pneumatique émet directement un aérosol médicamenteux ayant l'état de dispersion voulu (spectre et taille moyenne). Les microgouttellettes sont donc immédiatement inhalables avec un maximum d'efficacité. Cependant par suite du rétrécissement imposé au jet particulaire (à cause de la faible section de l'embout pulmonaire) une partie des microvésicules peut encore heurter les parois du haut de la colonne et vient refluer ensuite dans le godet d'alimentation de l'atomiseur.

Le but de notre travail était d'évaluer dans des conditions bien déterminées l'intensité du reflux pour les appareils des deux types ci-avant définis. Nos

(*) Séance du 2 août 1954.

([1]) R. Boucher et G. Lenoble, *Mines* n° 2, 1954, p. 90-118; L. Dautrebande, *l'Aérosologie*, 1951, J. B. Baillière, éditeur.

([2]) C. N. Davies, *Brit. Jour. Industri. Med*, 6, 1949, p. 245-253.

expériences ont porté sur deux colonnes différentes du type A et sur une colonne du type B. Pour les deux colonnes du type A le système d'obstacles était constitué soit : (appareil n° 1) par une sphérule en verre placée à 1 cm au-dessus de la tête de pulvérisation avec en plus quelques chicanes (pointes de verre) à la partie supérieure du dispositif, soit (appareil n° 2) par un assemblage de grilles en nylon de forme circulaire qui étaient fixées à une distance moyenne de 10 cm au-dessus du point d'émission.

Pour déterminer le coefficient de reflux (3) α de chaque appareil dans les conditions types d'utilisation, le liquide reflué était collecté au bas de la colonne dans un récipient spécial. La hauteur de la solution dans le godet d'alimentation était maintenue à un niveau voisin de celui du liquide dans un montage normal.

Les résultats expérimentaux suivants ont été enregistrés (chaque chiffre portant sur une moyenne de 5 à 10 expériences)

Liquide aérosolisé.	Numéro et type d'appareil.	Vitesse de l'air à « *vena contracta* » (m/sec).	Volume de liquide passé dans la tête d'atomisation (cm³).	$\frac{Q_a}{Q_l}$ (4).	Coefficient de reflux α.
Alcool éthylique à 95° B rectifié...	A I	163	1648	210	0,970
	A II	60	484,5	484	0,949
	B III	312	28	1 904	0,746
Eau distillée..................	A I	163	1669	208	0,994
	A II	60	549	400	0,994
	B III	312	18,2	2 930	0,900
Goménol en sol aqueuse à 20%...	A I	163	1251	277	0,983
	A II	60	560	430	0,980
	B III	312	15,4	3 570	0,863

De l'examen du tableau il ressort assez nettement que les appareils à atomisation directe (type B III) avec une forte vitesse d'éjection à « *vena contracta* » ont un « coefficient de reflux » α plus faible que les appareils employant la pulvérisation pneumatique avec chicanes et obstacles. Par conséquent il faut s'attendre à ce que ces derniers appareils provoquent plus facilement une reconcentration ou une altération des solutions médicamenteuses aérosolisées

(3) Nous proposons d'appeler « coefficient de reflux » α, le rapport du volume de liquide reflué au volume de liquide passé dans la tête de l'atomiseur (ou du pulvérisateur) pendant un temps déterminé (ici dans nos expériences choisi égal à 20 mn).

(4) Le terme $\frac{Q_a}{Q_l}$ explicite le rapport du débit d'air à « *vena contracta* » vis-à-vis du débit de liquide passé dans la tête de l'atomiseur pendant la même unité de temps.

en fin d'émission ([5]). Dans une autre publication nous montrerons que ceci a été vérifié expérimentalement et que le coefficient α n'est pas la seule variable importante à définir dans de telles études.

([5]) Ce phénomène a déjà été signalé par différents auteurs dont en particulier E. BRUN, R. TIFFENEAU et R. CARON, *Semaine des Hôpitaux de Paris*, N° 27, 21 juillet 1947, ainsi que E. H. BIANCANI et R. TIFFENEAU, *Journées thérapeutiques de Paris*, 293-323 (1946).

La séance est levée à 15 h 20 m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1954.

Formation des continents et progression de la vie, par HENRI et GENEVIÈVE TERMIER, in *Évolution des Sciences*. Paris, Masson et Cie, 1954; 1 vol. 23 cm (présenté par M. P. Fallot).

Les mers polaires, par JULES ROUCH, in *Bibliothèque de philosophie scientifique*. Paris, Flammarion, 1954; 1 vol. 19,5 cm.

Monographies des probabilités. Fasc. III. *Étude critique de la notion de collectif*, par JEAN VILLE. Fasc. IV. *Les principes fondamentaux du calcul des probabilités et la théorie de l'assurance-maladie*, par JULES DUBOURDIEU. Préface de HENRI GALBRUN. Paris, Gauthier-Villars, 1939; 2 vol. 25 cm.

Congrès géologique international. Comptes rendus de la dix-neuvième session. Alger, 1952. Section IX. Extrait fasc. 9. *Contribution de la géophysique à la géologie*, par JEAN LAGRULA. Alger, 1954; 1 fasc. 27 cm.

La cartographie mondiale. Vol. II, 1952. New York, Nations unies, 1953; 1 fasc. 28 cm.

Laplace transforms for electrical engineers, by B. J. STARKEY. London, Iliffe and Sons, Ltd., 1954; 1 vol. 22 cm.

On the congruence of sets and their equivalence by finite decomposition, by WACLAW SIERPINSKI. Lucknow University, 1954; 1 vol. 22 cm.

Carte géologique du massif du Mont-Blanc. (Partie française), à l'échelle du 1/20 000e, par PAUL CORBIN et NICOLAS OULIANOFF. 1 planche 58 × 45 cm.

La feuille Mont-Blanc (sommet) de la carte géologique au 1/20 000e, par NICOLAS OULIANOFF. Extrait *du Bull. soc. vaud. sc. nat.* Vol. LXV, n° 282, 1952; 1 page 24,5 cm.

The nature of science and other lectures, by EDWIN HUBBLE. San Marino (California), The Huntigton Library, 1954; 1 vol. 22 cm.

Université de Paris. Les Conférences du Palais de la Découverte. Série A, n° 193 : *L'agitation thermique dans les cristaux et la diffusion des rayons* X, par JEAN LAVAL. Série D, n° 30 : *Les Savants d'Arcueil et la science au* XIXe *siècle*, par MAURICE DAUMAS. Paris, Palais de la Découverte, 1954; 2 fasc. 18 cm.

Regards sur le passé du remède électricité. I. *Les purgations électriques au* XVIIIe *siècle*, par JEAN TORLAIS, in *Feuilleton de la Revue d'histoire de la Pharmacie.* Fascicule A, juin 1954; 1 fasc. 22,5 cm.

Sonderhefte der zeitschrift für Vermessungswesen. Heft 1. *Beiträge zur Fehlertheorie der Schwerereduktion von Nivellements*, von KARL RAMSAYER. Stuttgart, Verlag Konrad Wittwer, 1954; 1 fasc. 24 cm.

Sonderabdruck aus der « Zeitschrift für Vermessungswesen ». Heft 5. *Vergleichverschiedener Schwerereduktionen von Nivellements*, von KARL RAMSEYER. Stuttgart, Konrad Wittwer, 1954; 1 fasc. 25 cm.

International Union of geodesy and geophysics. *Thailand. Report on the geodetic werk of the Survey department for the period* 1939-1954, *presented at the tenth general Meeting of the Association of Geodesy.* Rome, september 1954. Bangkok, Survey Department, 1954 ; 1 fasc. 28,5 cm.

Bodas de oro de la Real Sociedad española de fisica y quimica, 15-21 *abril* 1953. *Cronica de los actos commemorativos, Conferencias generales. Coloquios y sesiones cientificas.* Madrid, 1954; 1 vol. 24 cm.

Union géodésique et géophysique internationale. Association de météorologie. Réunion de Rome, 14-25 septembre 1954. *Programme. Résumé des Communications.* Publication A. I. M. n° 10/*a*. Bruxelles. Institut royal météorologique de Belgique, juin 1954; 1 fasc. 24,5 cm.

Persistance du type de Mechta-el-Arbi en Afrique du Nord, par PIERRE A. VASSAL. Extrait des *Actes du IV*^e *Congrès international des Sciences anthropologiques et ethnologiques.* Tome I. Vienne, 1952; 1 fasc. 24 cm.

Esprit et méthode. 4. *Vitesse et univers relativiste*, par JEAN ABÉLÉ et PIERRE MALVAUX. Préface de HENRI VILLAT. Note finale de O. COSTA DE BEAUREGARD. Paris, Société d'Édition d'Enseignement supérieur, 1954; 1 vol. 18,5 cm.

Essai de physiognomonie d'après des portraits modernes, par EDGAR GOLDSCHMID. Extrait du *Scalpel*, n° 44, 1er novembre 1952, s. l. n. d.; 1 fasc. 26 cm.

Nosologia naturalis, by EDGAR GOLDSCHMID. Reprinted from *Science, medicine and history.* Oxford University Press, 1953; 1 fasc. 25,5 cm.

Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordhein-Westfalen. 3. Folge. Im Auftrage des Minister-präsidenten KARL ARNOLD, herausgegeben von Staatssekretär Professor LEO BRANDT. Köln und opladen, Westdeutscher Verlag, s. d.; 1 vol. 23 cm.

Commission de coopération technique en Afrique au sud du Sahara. *Comptes rendus de la troisième Conférence internationale pour la protection de la faune et de la flore en Afrique. Bukavu* 26-31 *octobre* 1953. *Congo belge.* Bruxelles, Direction Agriculture. Forêts et Élevage du Ministère des Colonies et Union internationale pour la protection de la nature; 1 vol. 24,5 cm.

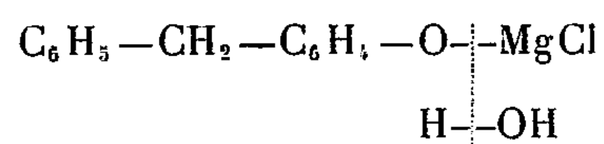
ERRATA.

—

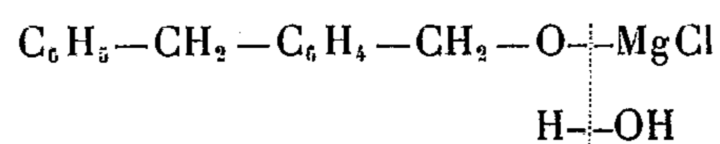
(*Comptes rendus* du 22 mars 1954.)

Note présentée le même jour, de MM. *Henri Gault* et *Jacques Gilbert*, Sur l'alcool et l'aldéhyde *p*-benzyl-benzyliques :

Page 1326, ligne de formules, *au lieu de*



lire



(*Comptes rendus* du 9 juin 1954.)

Note présentée le même jour, de M. *Karl Egil Aubert*, Généralisation de la théorie des *r*-idéaux de Prüfer-Lorenzen :

Page 2215, 7[e] ligne, formule (3), *au lieu de* $\mathfrak{ab}_r \subseteq \mathfrak{b}_r \cup (\mathfrak{ab})_r$, *lire* $\mathfrak{ab}_r \subseteq \mathfrak{b}_r \cap (\mathfrak{ab})_r$.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 18 AOUT 1954.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Considérations de Mécanique classique préparant la justification de la Mécanique ondulatoire des systèmes dans la théorie de la double solution.* Note de M. **Louis de Broglie**.

Dans le cas d'un système isolé de deux corpuscules en interaction, on peut préciser la relation entre les fonctions de Jacobi individuelles des corpuscules et la fonction de Jacobi du système en introduisant les mouvements relatifs. Du point de vue de la double solution, nous obtenons ainsi la relation entre les phases des ondes u individuelles et celle de l'onde Ψ du système à l'approximation de l'optique géométrique.

Soit un système isolé formé de deux corpuscules en interaction. En Mécanique classique, le mouvement des deux corpuscules est donné par les équations de Newton

$$(1) \qquad m_1 \vec{\gamma}_1 = -\overrightarrow{\text{grad}_1} V; \qquad m_2 \vec{\gamma}_2 = -\text{grad}_2 V,$$

$V(r)$ étant le potentiel d'interaction fonction de la distance r des corpuscules. Les deux corpuscules décrivent dans l'espace physique des trajectoires L_1 et L_2, les trajectoires et les mouvements correspondants sont « corrélés » d'une manière biunivoque.

On peut aussi représenter le mouvement des deux corpuscules par le déplacement d'un point représentatif dans l'espace de configuration $x_1 \ldots z_2$ du système et écrire dans cet espace l'équation de Jacobi

$$(2) \quad \frac{\partial S}{\partial t} = \frac{1}{2m_1}\left[\left(\frac{\partial S}{\partial x_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial y_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial z_1}\right)^2\right] + \frac{1}{2m_2}\left[\left(\frac{\partial S}{\partial x_2}\right)^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial y_2}\right)^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial z_2}\right)^2\right] + V(r),$$

où $(\partial S/\partial t)$ a la valeur constante E, énergie totale du système. A chaque intégrale complète $S(x_1 \ldots z_2, t, \alpha, \beta \ldots)$ de (3) correspond une trajectoire L du point représentatif qui est l'*une* des courbes orthogonales aux surfaces $S = \text{const.}$ dans l'espace de configuration et le mouvement des corpuscules sur les trajectoires correspondantes L_1 et L_2 de l'espace physique est donné pas les formules

$$(3) \qquad \vec{v}_1 = -\frac{1}{m_1}\overrightarrow{\text{grad}_1 S} \qquad \vec{v}_2 = -\frac{1}{m_2}\overrightarrow{\text{grad}_2 S}$$

Mais, pour étudier le mouvement des corpuscules, on peut aussi en Mécanique classique se servir d'une méthode entièrement différente des précédentes qui consiste à envisager le mouvement relatif d'une des particules par rapport à l'autre. Il est bien connu que, si nous prenons un système d'axes de directions fixes ayant pour origine l'un des corpuscules, le mouvement de l'autre corpuscule dans ce système de référence *non galiléen* sera le même que si le système était galiléen et si cet autre corpuscule possédait une « masse réduite » μ telle que

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}; \qquad \mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}. \tag{4}$$

Dans le système de référence lié à l'un des corpuscules, on peut donc écrire pour le mouvement de l'autre l'équation de type newtonien

$$\mu \vec{\gamma}^* = -\overrightarrow{\text{grad}}^* \text{V} \tag{5}$$

où l'astérisque indique qu'une grandeur est évaluée dans le système non galiléen. Supposons pour préciser que nous prenions le corpuscule 2 comme origine du système de référence relatif. L'équation de Jacobi du corpuscule 1 sera dans ce système

$$\frac{\partial S_1^*}{\partial t} = \frac{1}{2\mu}\left[\left(\frac{\partial S_1^*}{\partial x^*}\right)^2 + \left(\frac{\partial S_1^*}{\partial y^*}\right)^2 + \left(\frac{\partial S_1^*}{\partial z^*}\right)^2\right] + \text{V}(r). \tag{6}$$

Le mouvement relatif du corpuscule 1 correspondant à une intégrale complète de (6) s'effectuera suivant une trajectoire L_1^* qui sera une courbe orthogonale aux surfaces $S_1 =$ Const. et le mouvement le long de L_1^* sera donné par

$$\vec{v}_1{}^* = -\frac{1}{\mu}\overrightarrow{\text{grad}}^* S_1^*. \tag{7}$$

Tandis que, dans le système galiléen lié au centre de gravité, les énergies individuelles $E_1 = T_1 + V$ et $E_2 = T_2 + V$ des deux corpuscules en mouvement sont variables et que, seule, l'énergie totale du système $E = T_1 + T_2 + V$ est constante, dans le mouvement relatif l'énergie du corpuscule mobile $[E_1^* = (\partial S_1^*/\partial t)]$ reste constante et est égale à E comme on peut le vérifier aisément. Ceci résulte du fait qu'en passant au système lié à 2, nous avons reporté toute l'énergie des deux corpuscules sur le seul corpuscule qui reste en mouvement.

Naturellement, si nous avions pris pour origine des coordonnées relatives le corpuscule 1, nous aurions trouvé pour le corpuscule 2 l'équation de Jacobi relative

$$\frac{\partial S_2^*}{\partial t} = \frac{1}{2\mu}\left[\left(\frac{\partial S_2^*}{\partial x^*}\right)^2 + \left(\frac{\partial S_2^*}{\partial y^*}\right)^2 + \left(\frac{\partial S_2^*}{\partial z^*}\right)^2\right] + \text{V}(r) \tag{8}$$

et l'énergie $[E_2^* = (\partial S_2^*/\partial t)]$ aurait été une constante, elle aussi égale à E.

Les deux intégrales complètes correspondantes S_1^* et S_2^*, solutions des équa-

tions de même forme (6) et (8), devront être égales à une même fonction $F(\vec{r}^{*}, t)$ des coordonnées relatives et du temps.

Considérons une certaine intégrale complète $S_1^{*}(\vec{r}^{*}, t)$ de l'équation (6). Les diverses courbes orthogonales aux surfaces $S_1^{*} = \text{const.}$ et les mouvements correspondants définis par (7) représentent des mouvements possibles de la particule 1 autour de la particule 2. Soit L_1^{*} l'une de ces trajectoires possibles : en revenant au système galiléen lié au centre de gravité et en se servant de la relation $m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 = 0$, on peut déduire du mouvement L_1^{*} les mouvements corrélés des deux corpuscules autour du centre de gravité. Parmi les courbes C formant la congruence des normales aux surfaces $S_1^{*} = \text{const.}$ dans le système lié à 2, une seule est effectivement décrite par le corpuscule 1 dans son mouvement relatif : cependant, comme dans le système non galiléen lié à 2 le corpuscule 2 ne joue plus que le rôle d'un centre de force, ce qui nous ramène au cas d'un corpuscule dans un champ donné, nous pouvons dire, en adoptant le point de vue de la double solution, que la fonction S_1^{*} représente en tout point du système relatif et à l'approximation de l'optique géométrique la phase de l'onde u_1^{*} du corpuscule 1 évaluée dans ce système, *et cela quelle que soit la trajectoire* L_1^{*} *qu'il décrit*. C'est là le point essentiel du présent raisonnement.

Naturellement, si nous rapportons le mouvement du corpuscule 2 au corpuscule 1, c'est la fonction $S_2^{*}(\vec{r}^{*}, t) = S_1^{*}(\vec{r}^{*}, t)$ qui nous servirait à représenter l'ensemble des mouvements du corpuscule 2 dans le champ central permanent créé par le corpuscule 1 et qui nous donnerait également, en tout point du système relatif et à l'approximation de l'optique géométrique, la phase de l'onde u_2^{*} du corpuscule 2 quand il décrit l'une quelconque des trajectoires L_2^{*}.

Considérons maintenant la fonction de Jacobi S pour l'ensemble des deux corpuscules dans l'espace de configuration. C'est une fonction des six variables de configuration et du temps, $S(x_1, \ldots z_2, t)$, qui obéit à l'équation (2) de Jacobi. En introduisant les variables relatives $x^{*} = x_1 - x_2 \ldots$, il est bien connu que l'on peut écrire l'équation (2) de Jacobi sous la forme

$$(9) \qquad \frac{\partial S^{*}}{\partial t} = \frac{1}{2\mu}\left[\left(\frac{\partial S^{*}}{\partial x^{*}}\right)^2 + \left(\frac{\partial S^{*}}{\partial y^{*}}\right)^2 + \left(\frac{\partial S^{*}}{\partial z^{*}}\right)^2\right] + V(r).$$

L'identité de forme des équations (6), (8) et (9) montre que la fonction S de Jacobi pour le système des deux corpuscules (qui est égale à la phase de l'onde ψ dans l'espace de configuration à l'approximation de l'optique géométrique) a dans le système lié au corpuscule 2 la même expression que S_1 et dans le système lié au corpuscule 1 la même expression que S_2.

Revenant alors au système galiléen lié au centre de gravité, on voit qu'en employant les notations d'une Note précédente ([1]) on a

$$(10) \qquad S_1(\vec{R}_1, \vec{r}_{12}, t) = S_2(\vec{R}_2, \vec{r}_{12}, t) = S(\vec{R}_1, \vec{R}_2, t) = F(\vec{r}_{12}, t)$$

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1345.

et la validité aux points corrélés des trajectoires L_1 et L_2 des formules

$$(11) \qquad m_1 \vec{v}_1 = -\overrightarrow{\text{grad}}_1 S_1 = -\overrightarrow{\text{grad}}_1 S; \qquad m_2 \vec{v}_2 = -\overrightarrow{\text{grad}}_2 S_2 = -\overrightarrow{\text{grad}}_2 S$$

devient évidente. Or dans le cas particulier envisagé ici (absence de champs extérieurs et approximation de l'optique géométrique qui permet de confondre les phases φ_1, φ_2 et φ respectivement avec les fonctions de Jacobi S_1, S_2 et S), les relations (11) et (10) sont précisément celles que nous avions indiquées dans la Note en question comme conditions nécessaires et suffisantes pour la justification, dans le cadre de la théorie de la double solution, de l'emploi de la Mécanique ondulatoire des systèmes dans l'espace de configuration. Mais il reste à généraliser cette justification en l'étendant au delà de l'optique géométrique.

IMMUNOLOGIE. — *Observations d'infection latente d'emblée, avec prémunition corrélative, dans le paludisme expérimental à* Plasmodium berghei *du Rat blanc*. Note de M. **Edmond Sergent**.

Des rats blancs adultes, inoculés avec des quantités égales de sang d'une souris infectée par une souche de *Plasmodium berghei* dont la virulence n'a pas varié en 6 ans, au cours de plus de 480 passages par souris blanches, réagissent différemment suivant que l'inoculation est faite dans le péritoine ou sous la peau.

Les rats qui ont reçu la plasmodie dans le péritoine présentent tous, après une incubation de moins d'une semaine, un accès parasitaire aigu, mortel dans 5 à 10 pour cent des cas.

Parmi les rats qui ont reçu les plasmodies sous la peau, 87 pour cent seulement accusent un accès parasitaire aigu. Parmi les 13 pour cent réfractaires, certains résistent encore à une deuxième, à une troisième, à une quatrième inoculation (et même, exceptionnellement, à une cinquième et à une sixième). Les rats inoculés de *P. berghei* sous la peau opposent donc, parfois, une forte résistance apparemment innée à la plasmodie. Cette résistance innée est-elle stérilisante comme elle l'est, par exemple, chez le Cobaye? Les expériences montrent qu'il n'en va pas toujours ainsi. Dans certains cas, assez rares, la résistance innée, qui a pu empêcher une infection aiguë, lors de l'invasion microbienne, n'a toutefois pas réussi à prévenir l'installation silencieuse d'une très faible infection, restée latente d'emblée par la suite. Cette infection latente a prémuni l'organisme contre des réinoculations. L'état réfractaire est donc en l'occurrence le résultat d'une résistance acquise et non pas d'une résistance innée.

Un exemple significatif est fourni par l'histoire du rat n° 373. Ce rat n'a jamais présenté d'accès aigu, bien qu'il ait reçu, tous les mois, pendant

6 mois, une inoculation de *P. berghei*; la sixième et dernière a été pratiquée dans le péritoine, voie d'inoculation dont l'emploi, dans nos expériences sur les rats, a toujours été suivi de succès. Pendant ces 6 mois, le sang du rat a été examiné régulièrement au microscope, chaque examen portant sur 50 000 hématies. Le sang n'a jamais montré de parasites, et l'état de santé du rat est resté excellent; son poids a passé, en 6 mois à dater du jour de la première inoculation, de 105 à 245 g. Un mois après la dernière inoculation, intrapéritonéale, restée elle aussi sans résultat visible à l'examen microscopique du sang comme à l'examen clinique, le rat est soumis à l' « épreuve d'infection » : il est sacrifié; son sang est inoculé dans le péritoine de 12 souris, et des fragments d'organes (moelle osseuse, poumon, foie, rate) dans le péritoine de 7 rats. Sur ces 19 sujets d'épreuve, 18 présentent un violent accès aigu, dont 14 meurent. Le rat n° 373, qui, à aucun moment, n'a montré de parasites dans le sang malgré six inoculations, était donc porteur d'une infection latente d'emblée, qui lui a conféré la prémunition.

En résumé. — 1. Dans notre étude expérimentale du paludisme à *P. berghei* chez des rats blancs recevant tous une dose égale de virus, nous avons toujours observé, lorsque l'inoculation était faite dans le péritoine, un accès parasitaire aigu de première invasion, tandis que, lorsque l'inoculation était faite sous la peau, cet accès aigu n'apparaissait que dans les neuf dixièmes des cas.

2. Chez le dixième restant, la résistance innée a empêché l'accès aigu après la première inoculation, mais a cédé à une deuxième, ou à une troisième, ou une quatrième inoculation.

3. Dans des cas assez rares, la résistance innée des rats est parvenue à empêcher l'accès aigu de première invasion, mais non l'installation clandestine, dans l'organisme, de la plasmodie, dont la présence, latente d'emblée, a conféré aux rats la prémunition contre des réinoculations.

Cette constatation explique des faits, bien connus en pathologie infectieuse, de résistance acquise sans crise manifeste préalable.

M. **Pierre Pruvost** présente un ouvrage intitulé : *Géologie et Pétrogénèse*, par Henri et Geneviève Termier.

CORRESPONDANCE.

Le Président de l'**Académie allemande des sciences de Berlin** invite l'Académie à se faire représenter à la réunion générale annuelle de la Société chimique de la République démocratique allemande qui aura lieu, du 21 au 23 octobre prochain, à Leipzig.

THÉORIE DES GROUPES. — *Espaces homogènes et isotropes, et espaces doublement homogènes.* Note (*) de M. **Jacques Tits**, présentée par M. Jean Leray.

On détermine tous les espaces homogènes connexes $S = G/H$ de groupes de Lie, tels que G soit transitif sur les directions tangentes à S, et tous les espaces S de dimension suffisamment grande (supérieure à 124) tels que G soit doublement transitif sur S.

1. Les groupes dont il est question dans cette Note sont tous des groupes de Lie; l'algèbre de Lie d'un groupe G et sa complexifiée seront désignées respectivement par $\overline{G}$ et $\tilde{G}$. Les espaces projectifs considérés sont les espaces projectifs réels, complexes et quaternioniens et le plan projectif des octaves de Cayley. Dans ces espaces, on peut définir des polarités [1]; les polarités envisagées ici sont toujours supposées hermitiennes (dans le cas réel, les polarités hermitiennes sont les polarités symétriques ordinaires). Nous nommerons *espace elliptique* $E = E(P, \tau)$ un espace projectif P dans lequel est donnée une polarité τ sans point uni, *quadrique ovale* $Q = Q(P, \tau')$ l'espace des points unis d'une polarité τ' possédant des points unis mais non des droites unies, et *espace hyperbolique* $H = H(P, \tau')$ l'espace des points de P intérieurs à cette quadrique. Les automorphismes de E sont les automorphismes de P qui conservent τ; les automorphismes de Q (de H) sont les automorphismes de P qui conservent τ', considérés comme opérant sur Q (sur H). Les groupes d'automorphismes des espaces projectifs, des espaces elliptiques, des espaces hyperboliques et des quadriques ovales réelles sont transitifs sur les directions tangentes à ces espaces ou ces quadriques; les groupes d'automorphismes des espaces projectifs et des quadriques ovales sont doublement transitifs. Nous dirons qu'un espace homogène donné $S = G/H$ est *isotrope* (resp. *doublement* ou *triplement homogène*) si G est transitif sur les directions tangentes à S (resp. sur les couples ou les triples de points de S).

2. Soit $S = G/H$ un espace homogène connexe de dimension $n \geq 2$.

Théorème I. — *Si* S *est isotrope, l'une des conditions suivantes est remplie :* (A) S *a une structure d'espace affin et* G *est le produit du groupe des translations par un groupe d'affinités conservant un point p, donné arbitrairement;* (B) S *est un espace projectif, un espace elliptique, un espace hyperbolique, une quadrique ovale réelle, une sphère euclidienne ou le recouvrement universel d'un espace projectif, et* G *est le groupe, ou un sous-groupe ouvert du groupe, des automorphismes de cet espace, cette quadrique, etc.;* (C) S *est une sphère ou un espace elliptique réel à* 8 (*resp.* 7) *dimensions et* $G = \widehat{B}_3$ (*resp.* $G = \widehat{G}_2$ *ou éventuelle-*

(*) Séance du 9 août 1954.

(1) Pour le cas du plan projectif des octaves, *cf.* J. Tits, *Acad. Roy. Belg., Bull. Cl. Sc.*, 39, 1953, p. 309-329 et 40, 1954, p. 29-40.

ment, dans le cas de la sphère, $G = \hat{G}_2 \times I_2$), $\hat{B}_3$, $\hat{G}_2$ *et* I_2 *étant respectivement les formes compactes simplement connexes de* B_3 *et* G_2 *et un groupe cyclique d'ordre* 2.

THÉORÈME II. — *Soit* $\tilde{G} \neq G_2, F_4, E_6, E_7, E_8$. *Alors, si* S *est doublement homogène,* S *et* G *satisfont à la condition* (A) *ci-dessus ou bien* S *est un espace projectif ou une quadrique ovale et* G *est le groupe, ou un sous-groupe ouvert du groupe, des automorphismes de cet espace ou cette quadrique.*

Conjecture — Ce théorème reste vrai quel que soit G.

Remarque. — La détermination des espaces S isotropes ou doublement homogènes satisfaisant à (A) se fait aisément par application d'une méthode de E. Cartan (2).

THÉORÈME III. — *Si* S *est triplement homogène, c'est une quadrique ovale réelle (espace conforme), et* G *est le groupe, ou la composante connexe du groupe, des automorphismes de cette quadrique.*

3. Nous donnerons quelques indications sur la démonstration de ces théorèmes. Soit $S = G/H$ un espace homogène connexe (+) isotrope ou (‡) doublement homogène. On montre aisément que

3.1. $\overline{H}$ *est une sous-algèbre maximale de* $\overline{G}$ [dans le cas (‡), H est même un sous-groupe maximal de G];

3.2. *Tout sous-groupe invariant non discret* [et même, dans le cas (‡), tout sous-groupe invariant non trivial] *de* G *est transitif sur* S;

3.3. *Si g et h sont les dimensions respectives de* G *et* H, *on a* $2h+1 \geqq g$ [dans le cas (‡), $2h \geqq g$].

En vertu de 3.2 et d'un lemme antérieur (3) on a l'une des éventualités suivantes : 1° la condition (A) est remplie; 2° $\overline{G}$ est simple; ou 3° on peut définir sur S une structure de groupe simple telle que la composante connexe de G soit engendrée par les translations à gauche et à droite de ce groupe. Ceci permet de ramener la démonstration des théorèmes du n° 2 à l'étude du seul cas où $\overline{G}$ est simple.

Si $\tilde{H}'$ est une sous-algèbre maximale de $\tilde{G}$ contenant $\tilde{H}$, on a, d'après 3.1, $\overline{H} = \overline{G} \cap \tilde{H}'$. D'autre part, les sous-algèbres maximales des algèbres complexes semi-simples sont connues (4). Lorsque $\tilde{G}$ ou $\overline{G}$ est une algèbre classique, on peut ainsi obtenir une description géométrique explicite des sous-algèbres maximales de dimension $h \geqq (g-1)/2$ de $\overline{G}$ et la démonstration des théorèmes I à III s'achève sans difficulté. Le cas où $\tilde{G}$ ou $\overline{G}$ est exceptionnelle nécessite un traitement spécial sur lequel nous ne nous étendrons pas ici.

---

(2) *J. Math. Pures et Appl.*, 10, 1914, p. 149-186.
(3) *Acad. Roy. Belg.*, *Bull. Cl. Sci.*, 39, 1953, p. 316 et 40, 1954, p. 30.
(4) *Cf.* E. DYNKIN, *Mat. Sbornik*, 30 (72), 1952, p. 349-462.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Sur l'utilisation des circuits intégrateurs et différentiateurs dans la technique acoustique.* Note (*) de MM. **Adrien Foch**, **Jacques Rateau** et **Roland Counord**, présentée par M. Henri Beghin.

On sait le nombre et l'importance des applications que les réseaux électriques intégrateurs et différentiateurs ont reçues dans les branches les plus diverses de la technique moderne. L'un de nous (R. Counord) réalisait récemment un tel circuit pour la détermination précise de la pente des tubes électroniques. Nous voudrions aujourd'hui attirer l'attention sur l'intérêt de leur emploi pour l'étude des sons vocaux et musicaux ainsi que pour la modification de tels sons à des fins scientifiques ou artistiques; indiquons les premiers résultats d'essais effectués dans cette voie.

A. Intercalons un circuit intégrateur dans la chaîne de transmission d'une émission sonore. Ce circuit transforme par exemple la vibration $A \cos \omega t$ en la vibration $(A/\omega) \sin \omega t$, conservant ainsi la hauteur d'un son pur, mais imposant aux harmoniques un affaiblissement, proportionnel à leur numéro, de 6 dB par octave. D'autre part les attaques sont adoucies, les retombées allongées. D'où des modifications caractéristiques pour la voix et la musique :

1° D'abord la voix perd un peu de son éclat; les voyelles tendent à s'ouvrir, quoique assez légèrement pour rester toutes parfaitement reconnaissables; *quelques* consonnes sont nettement déformée, le *f* par exemple étant *parfois* perçu comme *p* et *parfois* comme *ts*.

L'intelligibilité de la parole — mesurée par la proportion de logatomes reçus correctement par des opérateurs entraînés — tombe de 98% à 93,6%; c'est-à-dire qu'un texte courant reste parfaitement compréhensible. Dans les premiers essais, les variations de l'intensité générale ont paru accentuées : peut-être y aura-t-il là un contrôle des lectures à faire *recto tono*.

De nombreuses applications paraissent également possibles pour les études phonétiques.

2° Pour la voix chantée, l'étouffement des harmoniques atténue « l'aigreur » caractéristique des timbres d'enfants, assez fortement pour rendre très difficile à une oreille cependant exercée la distinction d'avec la voix de soprano. D'autre part, on obtient sans aucune difficulté des effets de lointains qui paraissent intéressants pour la musique enregistrée.

3° Pour la musique, les timbres sont assez modifiés pour qu'on ait l'impression d'entendre des instruments complètement nouveaux. Bien entendu, les effets généraux de l'intégration se manifestent par les prolongations que l'auditeur connaît sous le nom de « résonance »; dans les

(*) Séance du 9 août 1954.

accords, les dissonances résultant de l'emploi de la gamme tempérée sont accentuées; au piano, les sourdes vibrations de la table d'harmonie deviennent particulièrement nettes, ainsi que les désaccords éventuels des trois cordes d'une même note. Les essais vont se poursuivre sur divers instruments.

B. On peut naturellement introduire dans la chaîne de retransmission un réseau recommençant plusieurs fois l'opération d'intégration. Deux intégrations font par exemple descendre l'intelligibilité de la parole à 72 %, rendant ainsi très difficile la compréhension d'un texte courant; trois intégrations l'abaissent à 26 %, supprimant toute compréhension. Le timbre des instruments disparaît; on obtient, dans certains cas que nous nous proposons de préciser, des effets assez curieux susceptibles d'être utilisés à des fins artistiques, en particulier pour les fonds sonores destinés à accompagner des textes parlés.

C. L'interposition dans les chaînes de circuits différentiateurs produit naturellement des effets inverses, exagérant les harmoniques supérieurs et rendant les attaques et les retombées plus brutales. Les instruments prennent donc un timbre plus criard et même grinçant; pour la voix, les sifflantes sont particulièrement accentuées; l'intelligibilité se conserve mieux que par l'intégration. Une différentiation la fait même augmenter légèrement de 98,3 à 99,4 %; deux différentiations la ramènent à 96 % et cinq à 93,6 %.

D. Il convient de noter la réversibilité de toutes ces opérations. Un texte enregistré après deux différentiations puis intégré deux fois, a été rendu assez fidèlement pour que la voix du lecteur ait pu être aisément reconnue, bien que l'appareillage dont nous disposions fut incapable de reproduire correctement les amplitudes des fréquences supérieures à 10 000 Hz. On peut d'ailleurs songer à utiliser des combinaisons intégratrices et différentiatrices pour l'appréciation précise des qualités d'un appareillage aux fréquences extrêmes d'utilisation.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'évaporation considérée comme fonction de la vitesse de frottement.* Note (*) de M. **Maurice L. Albertson**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons montré dans une précédente Note [1] que l'analogie de Reynolds peut être appliquée à l'évaporation. Cette relation cependant contient deux variables qui en rendent l'application à l'évaporation dans la nature très

(*) Séance du 9 août 1954.

[1] *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 474.

difficile. Ces variables sont la vitesse ambiante et la longueur de la paroi balayée par le vent avant qu'il atteigne la surface d'évaporation.

La vitesse ambiante du vent varie avec l'altitude au-dessus de la surface d'évaporation à cause de l'existence de la couche limite. Aussi est-il extrêmement difficile de donner une seule valeur significative de la vitesse ambiante qui soit indépendante de l'altitude. La couche limite couvrant la surface d'évaporation croît rarement, ou peut-être jamais, en fonction d'une distance, mais plutôt en fonction du temps. Pour une aire donnée de la surface de la terre, on peut considérer que le mouvement de l'atmosphère sur la surface commence partout de la même manière au même moment. En outre, à mesure que le temps s'écoule, l'épaisseur de la couche limite continue à s'accroître pourvu que les conditions de l'écoulement ambiant restent les mêmes. On ne sait combien de temps cet accroissement se poursuit, car les conditions atmosphériques de l'écoulement ambiant changent.

Nous avons essayé de trouver un moyen pour éliminer à la fois la vitesse ambiante et la longueur de la paroi balayée par le vent avant qu'il atteigne la surface d'évaporation, des équations caractérisant l'évaporation.

En raison du principe d'analogie, on peut penser raisonnablement que l'effort de frottement, qui est étroitement lié à la capacité de transfert de quantités de mouvement de l'écoulement est, par suite, étroitement lié à la capacité de transfert de la vapeur. Ainsi, il serait possible d'utiliser la vitesse de frottement dans le nombre de Reynolds et de transformer le coefficient d'évaporation, de manière à éliminer la vitesse ambiante.

En utilisant l'analyse dimensionnelle, il est possible de démontrer que le nombre de Nusselt modifié

$$N = \frac{E}{\nu_e \, \Delta c} \tag{1}$$

et le nombre de Reynolds contenant la vitesse de frottement

$$R_* = \frac{\chi\sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}}{\nu_e} \tag{2}$$

sont des paramètres significatifs qu'on peut utiliser pour définir l'évaporation. Dans ces équations :

E est la vitesse d'évaporation par unité de surface; ν_e le coefficient de diffusion de la vapeur d'eau dans l'air; ρ la densité; τ_0 le frottement à la paroi; χ une longueur caractéristique de la surface d'évaporation et Δc la différence entre la pression de la vapeur sur la surface d'évaporation et la pression partielle de vapeur dans l'air ambiant.

En supposant que la distribution des vitesses dans la couche limite soit définie par la relation en puissance 1/7, il est possible d'établir l'équation

suivante :

$$\frac{1}{N} = \frac{6,23}{R_*^{\frac{8}{9}}} - \frac{3,79}{R_*} \tag{3}$$

qui est applicable pour $10^3 \leqq R_* \leqq 10^5$ dans le cas d'une surface hydrodynamiquement lisse.

Pour les parois rugueuses, on peut établir une équation analogue en utilisant la loi logarithmique, une valeur expérimentale de la rugosité et l'équation de Schultz-Grunow.

Cette équation

$$\frac{1}{N} = \frac{0,0417}{R_*}[4,68(1,194 + \log R_*)^{2,64} - 8,70(1,194 + \log R_*)^{1,32}] \tag{4}$$

est critiquable parce que l'équation de Schultz-Grunow se rapporte aux parois lisses. Malgré cela, l'équation (4) représente remarquablement bien les données expérimentales, même en dehors du domaine considéré habituellement comme son champ d'application.

L'ensemble des expériences relatives à cette étude fut exécuté à la soufflerie du Colorado A and M College, avec deux surfaces d'évaporation distinctes. L'une était constituée par un ensemble de surfaces mobiles de porcelaine poreuse de 3,05 m de long, l'autre surface d'évaporation était un modèle du lac Hefner (prototype de 3 200 m de diamètre) pour lequel l'ensemble des résultats expérimentaux sur l'évaporation et la structure du vent étaient disponibles. L'ensemble de ces résultats et les équations (3) et (4) ont été représentés sur des figures. Bien qu'il y ait une certaine dispersion entre les différents points expérimentaux, il est significatif de constater qu'il existe une tendance unique et que ces résultats sont bien représentés par les équations (3) et (4). Cependant, le fait le plus important est que les équations et les résultats expérimentaux montrent que l'évaporation peut être bien représentée par la relation

$$N = \Phi(R_*). \tag{5}$$

Une forme entièrement empirique de l'équation (5)

$$N = 0,5 R_*^{\frac{4}{5}} \tag{6}$$

a été représentée graphiquement pour comparaison avec la précédente et on voit que la courbe ainsi obtenue traduit assez bien les résultats expérimentaux.

HYDRAULIQUE. — *Une vérification de la théorie spectrale de la turbulence selon Heisenberg*. Note de M. **François Baatard**, présentée par M. Henri Villat.

La dispersion d'un jet à grande vitesse (jet issu d'un injecteur de turbine Pelton) est dûe à l'action de la turbulence interne, et non à celle de la résistance de l'air, négligeable (Oguey, Mamin, Baatard). La dispersion est carac-

térisée par l'angle α entre la ligne extérieure limite du jet, enveloppe des protubérances tourbillonnaires visibles à sa surface et la ligne théorique parallèle à l'axe du jet. L'hydrodynamique classique ne permet le calcul que de cette dernière. Les protubérances tourbillonnaires doivent leur existence à une pression instantanée locale p de turbulence variable dans le temps et selon l'abscisse le long de l'axe du jet. Cette variation s'exprime par le produit d'une fonction $f(\rho, \eta, V_1, d_0)$ qui fixe son amplitude par une fonction $g[(t-X/V_1)/T]$ régissant sa variation. V_1 désigne la vitesse axiale des particules, ρ leur masse spécifique et η la viscosité du liquide, d_0 le diamètre de la section contractée à partir de laquelle le jet disperse; T est un intervalle de temps où les valeurs de la pression classées en fonction de leur durée sont les mêmes. L'analyse dimensionnelle montre que $f(\rho, \eta, V_1, d_0)$ s'identifie avec une fonction du nombre de Reynolds R_e calculé dans la section contractée. La variation de ρ est liée à l'angle α de dispersion par la relation :

$$\operatorname{tg}\alpha = \left[f(R_e)\, g\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{V_1 T}\right) - \frac{2 T s}{\rho\, d_0 V_1^2}\right]^{\frac{1}{2}}$$

où Ts désigne la tension superficielle. Les valeurs de $\operatorname{tg}\alpha$ dépendent de la construction de l'injecteur (coudes, ailettes, forme de la tuyère, pointeau de réglage, structure de l'orifice etc.) ainsi que la chute H et du diamètre d_0.

L'introduction des dimensions caractéristiques des tourbillons visibles lors de l'examen stroboscopique de jets fonctionnant dans diverses conditions et leur relation avec les nombres d'ondes k de la fonction spectrale $F(k) = \text{const.}\, k^{-(5/3)}$ de Heisenberg permet de calculer $\operatorname{tg}\alpha$, soit la dispersion du jet. Ainsi, *l'influence de la chute* est déterminante quand à l'intensité et à l'évolution de la turbulence ; les angles α de dispersion mesurés directement par voie protographique instantanée, déduits d'enregistrements au tube de Pitot ou encore calculés par l'expression $\operatorname{tg}\alpha = \sqrt{fg\ldots}$ pour des chutes différentes, sont des nombres identiques à ceux du calcul des énergies dissipées par la turbulence selon la loi pectrales $F(k) = \text{const.}\ k^{-(5/3)}$. L'on a

$$m = \frac{\operatorname{tg}\alpha \text{ pour } 60\text{ m}}{\operatorname{tg}\alpha \text{ pour } 34\text{ m}} = \frac{\text{fonction de } (d_0, \text{ injecteurs, ailettes, etc.})\ 60^n}{\text{fonction de } (d_0, \text{ injecteurs, ailettes, etc.})\ 34^n}$$

avec $m = 1{,}15$ fixé par expérience, soit $n = 1/4$.

Le calcul E 60/E 34 des énergies dissipées selon la loi spectrale en k pour l'ensemble des tourbillons du domaine spectral $1\ \text{cm}^{-1} \leqq k \leqq 6\ \text{cm}^{-1}$ fournit exactement le même résultat : $1{,}77^n$ avec $n = 1/4$. On peut ainsi écrire

$$\begin{aligned} E &= \text{Énergie dissipée par turbulence} \\ &= \text{const.}, \operatorname{tg}\alpha = \text{const.}\left[\text{fonction de } (d_0, \text{ ailettes, injecteur, etc,})\ \sqrt[4]{H}\right]. \end{aligned}$$

Il y a donc proportionnalité directe en $\operatorname{tg}\alpha$ *et* E, *et une même dépendance vis-à-vis des facteurs influençant la turbulence.* Cela s'explique par le fait que la

dispersion est l'image de la double évolution des masses tourbillonnaires prévue par la théorie spectrale : une augmentation spatiale des grands tourbillons qui se fractionnent en tourbillons plus petits auxquels ils cèdent une partie de leur énergie. A ce stade où l'effet de turbulence est prépondérant, correspond la loi $F(k) = \text{const.}\, k^{-5/3}$ et dans l'expression de $\text{tg}\,\alpha = \sqrt{f.g - (2T_s/\rho\, d_0 V_1^2)}$ le produit des fonctions fg caractérisant la turbulence, et qui a seul pratiquement de l'influence. Le processus du fractionnement se reproduit jusqu'au moment où le nombre de Reynolds étant petit, une partie de l'énergie transmise est transformée en chaleur. A ce moment, la loi spectrale $F(k) = \text{const.}\, k^{-7}$ s'établit et le terme $2T_s/\rho\, d_0 V_1^2$ caractéristique de l'influence de la viscosité moléculaire intervient vis-à-vis du produit fg qui faiblit. Ce dernier stade explique fort bien le phénomène stationnaire visible des nuages de gouttelettes en suspension à la surface du jet et maintenu par les remous d'air créés par les masses tourbillonnaires.

L'adjonction à la loi spectrale des lois de fluctuations des vitesses en fonction de la grandeur des masses tourbillonnaires permet de déceler la naissance des tourbillons dans les zones de discontinuité des vitesses ainsi que celle de la *cavitation* à l'intérieur des dépressions existant à l'intérieur des tourbillons.

Ainsi, le phénomène hydraulique complexe d'un jet d'eau à grande vitesse peut, qualitativement et quantitativement, être décrit par la théorie statistique et notamment la fonction spectrale de la turbulence, selon Heisenberg.

GÉOPHYSIQUE. — *Le spectredu ciel nocturne de* 3 380 *à* 4 200 Å.

Note (*) de M. **Maurice Dufay**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le spectre du ciel nocturne étudié avec un spectrographe à prisme d'uviol montre en émission les bandes de Herzberg de la molécule $O_2(^3\Sigma_u^+ \rightarrow {}^3\Sigma_g^-)$, les bandes de N_2^+ (avec une intensité variable) et quelques radiations d'origine inconnue dont certaines peuvent être rapprochées du nouveau spectre $^1\Sigma_u^- \rightarrow {}^3\Sigma_g^-$ de Herzberg. L'affaiblissement des bandes d'émission entre les mois de mars et avril rend plus visibles les raies de Fraunhofer.

1. Au cours de recherches relatives à l'excitation des bandes négatives de l'azote au crépuscule (1), j'ai été amené à comparer fréquemment le spectre du ciel crépusculaire à celui du ciel nocturne.

Les clichés nocturnes pris en mars et avril 1949 à l'Observatoire de Lyon-Saint-Genis-Laval ont été retenus en vue d'une étude détaillée. Ils ont été obtenus avec un spectrographe d'Arnulf-Lyot à prisme d'uviol, ouvert à F/1, dont la dispersion linéaire est environ 160 Å/mm à 3 400 Å et 300 Å/mm à 4 000 Å (2). Leur principal intérêt provient du fait qu'il s'agit de poses

---

(*) Séance du 9 août 1954.

(1) *Annales de Physique*, 8, 1953, p. 813, 862.

(2) A. Arnulf, *Annales d'Astrophysique*, 6, 1943, p. 21.

courtes (généralement 4 heures), peu affectées par les variations de température et capables de mettre en évidence des variations d'intensité d'une nuit à l'autre. L'appareil était pointé grossièrement vers l'Ouest, à 15° de l'horizon.

2. Une liste détaillée des longueurs d'onde mesurées sera publiée prochainement. Elle s'accorde bien dans l'ensemble avec celle de D. Barbier [3], qui utilisait un spectrographe de quartz moins lumineux de dispersion comparable.

Le spectre d'émission ultraviolet est essentiellement caractérisé par les fortes bandes de Herzberg de la molécule $O_2({}^3\Sigma_u^+ \rightarrow {}^3\Sigma_g^-)$ dont la présence, reconnue dès 1941 par J. Dufay [4] a été depuis maintes fois confirmée [5]. La superposition des bandes correspondant à des niveaux de vibration différents rend souvent difficile leur identification individuelle et l'estimation de leur intensité.

Toutefois l'excellente définition des clichés permet de préciser que les bandes les plus intenses proviennent des niveaux de vibration supérieurs $v' = 3$ à $v' = 6$ [numérotation de Broida et Gaydon [6]]. Elles se placeraient ainsi un peu au-dessous de la parabole théorique de Frank-Condon.

Le spectre ressemble beaucoup à celui de la postluminescence de l'oxygène, observé par Broida et Gaydon [6], bien que, dans ce dernier, la distribution des intensités des bandes de Herzberg se rapproche davantage de la parabole théorique. Quelques radiations étrangères au système ${}^3\Sigma_u^+ \rightarrow {}^3\Sigma_g^-$, coïncident assez bien avec les bandes du nouveau système d'intercombinaison ${}^1\Sigma_u^- \rightarrow {}^3\Sigma_g^-$ que Herzberg a découvert récemment [7], en suggérant leur présence possible dans le spectre du ciel nocturne. Plusieurs d'entre elles, comme la forte bande 3 705 Å, avaient été précédemment attribuées par Barbier [8] à son système hypothétique Y. L'origine d'autres radiations, à 4 019 Å par exemple, demeure inconnue. Il est certain, d'autre part, que les bandes de Vegard-Kaplan de la molécule N_2 ne jouent pas un rôle essentiel dans l'ultraviolet.

Comme je l'ai déjà signalé [1], la bande 3 913 Å s'est trouvée renforcée quand les bandes de N_2^+ étaient très fortes au crépuscule précédent. Dégradée vers le violet, elle présente, du reste, le même profil, sur les enregistrements nocturnes et crépusculaires. Il s'agit donc bien, comme le pensent aussi Meinel [9] et Barbier [10], de la bande N_2^+ (0, 0). Les radiations plus faibles 4 278 et 3 578 Å peuvent être attribuées au même système.

3. L'intensité de l'ensemble du spectre d'émission a très fortement diminué

---

(3) *Annales d'Astrophysique*, 10, 1947, p. 47.

(4) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 284.

(5) Notamment par les observations de CHAMBERLAIN : *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1329.

(6) *Proceedings Royal Society London*, *A*, 222, 1954, p. 181.

(7) *Canadian Journal of Physics*, 31, 1953, p. 657.

(8) *Annales d'Astrophysique*, 10, 1947, p. 141.

(9) *Astrophysical Journal*, 118, 1953, p. 200.

(10) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 599.

du mois de mars au mois d'avril. Les bandes ultraviolettes paraissent ainsi manifester une variation saisonnière analogue à celle des bandes bleues et violettes ([11]). Corrélativement les raies d'absorption de Fraunhofer sont devenues plus apparentes en avril. On distingue cependant, sur presque tous les clichés, la bande G, les raies Ca I 4227 Å, H_δ, H et K, ainsi que les maxima d'absorption voisins de 3871, 3881 et 4215 Å correspondant aux bandes violettes de CN. La présence de ces raies d'absorption redécouverte récemment par Chamberlain et Oliver ([12]) et par Meinel ([9]), est connue dans le spectre du ciel nocturne depuis 1923 ([13]). Bien qu'il soit nécessaire d'en tenir compte dans le dépouillement des spectrogrammes, elle n'entraîne nullement à mettre en doute l'existence de la plupart des bandes d'émission nocturnes.

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude de la surtension à courant constant dans le cas d'une réduction indirecte.* Note (*) de M. **Georges Feuillade**, présentée par M. Eugène Darmois.

On considère le mécanisme indirect de réduction électrochimique procédant par l'intermédiaire d'atomes H. Le calcul, basé sur la formule de la surtension et les lois de la diffusion, permet, par comparaison avec l'expérience, de déterminer la nature du mécanisme réel de la réduction.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons étudié l'évolution de la surtension en fonction du temps, à courant constant, dans l'hypothèse d'une réduction électronique. Comme plusieurs auteurs ([2]), ([3]) l'ont fait remarquer, on ne peut exclure *a priori* la possibilité d'une réduction faisant intervenir les atomes H du milieu. C'est une telle hypothèse que nous allons envisager dans l'étude suivante.

On admettra encore que la réduction $ox + 2\mathrm{H} \rightarrow red$ est irréversible dans le sens de la réduction et que cette réaction est strictement hétérogène de manière à ne faire intervenir que la concentration au voisinage immédiat de l'électrode. Dans ces conditions, la production d'atomes H par centimètre carré d'électrode plane est

$$\frac{dN_{\mathrm{H}}}{dt} = \frac{i}{\mathrm{F}} - k_1\, ox(0, t)\,[\mathrm{H}]^2(0, t) - \mathrm{K}, \tag{1}$$

([11]) J. Cabannes et J. Dufay, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 878.

([12]) *Astrophysical Journal*, 118, 1953, p. 197.

([13]) J. Dufay, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1290; *Bulletin de l'Observatoire de Lyon*, 10, 1928, p. 81; *Journal de Physique*, 10, 1934, p. 583; J. Cabannes et J. Dufay, *Annales de Géophysique*, 1, 1944, p. 1.

(*) Séance du 2 août 1954.

([1]) G. Feuillade, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 268.

([2]) R. Audubert, *J. Chim. Phys.*, 39, 1942, p. 92.

([3]) J. A. V. Butler et W. M. Leslie, *Trans. Far. Soc.*, 32, 1936, p. 989.

$ox(O, t)$ et $H(O, t)$ étant les concentrations sur l'électrode ($x = O$), au temps t. Cette expression est nulle si l'équilibre chimique est atteint. K peut être considéré comme une vitesse de désorption que l'on supposera constante et faible. La formule générale de la surtension

$$(2) \qquad i = k^0_{H^+} \exp\left(\frac{\alpha FV}{RT}\right) H^+ - k^0_H \exp\left(-\frac{\beta FV}{RT}\right) H(O, t).$$

est évidemment applicable, H^+ étant supposé constant dans une solution tamponnée. Dans ces conditions, l'équation de Fick $\partial C/\partial t = D\, \partial^2 C/\partial x^2$ se résout à l'aide de la transformation de Laplace ([1]), avec, comme conditions aux limites :

$$\nu D_{ox} \frac{\partial ox}{\partial x}(o, t) = -\nu D_{red} \frac{\partial red}{\partial x}(o, t) = k_1\, ox(o, t)\, [H]^2(o, t) = \frac{i}{F} - K.$$

et comme conditions initiales : $ox(x, o) = ox_0$, $red(x, o) = o$.

Un calcul simple donne:

$$ox(x, t) = ox_0 - \left(\frac{i}{F} - K\right) \frac{1}{\nu\sqrt{D_{ox}}} \left\{ 2\sqrt{\frac{t}{\pi}}\, e^{-\frac{x^2}{4D_{ox}t}} - \frac{x}{\sqrt{D_{ox}}}\, erfc\left(\frac{x}{2\sqrt{D_{ox}t}}\right) \right\}.$$

Pour $x = o$:

$$ox(o, t) = ox_0 - \left(\frac{i}{F} - K\right) \frac{1,1285\sqrt{t}}{\nu\sqrt{D_{ox}}}$$

d'où, en portant dans (1) puis (2) :

$$i = k^0_{H^+} \exp\left(\frac{\alpha FV}{RT}\right) H^+$$
$$- k^0_H \exp\left(\frac{-\beta FV}{RT}\right) \left(\frac{i}{F} - K\right)^{\frac{1}{2}} (k_1 ox_0)^{-\frac{1}{2}} \left(1 - \frac{1,1285}{\nu\, ox_0}\left[\frac{i}{F} - K\right] \frac{\sqrt{t}}{\sqrt{D_{ox}}}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

l'équation précédente peut encore se mettre sous la forme :

$$(k_1 ox_0)^{-\frac{1}{2}} \left(\frac{i}{F} - K\right)^{\frac{1}{2}} \left\{ 1 - \frac{1,1285}{\nu\, ox_0}\left(\frac{i}{F} - K\right) \frac{\sqrt{t}}{\sqrt{D_{ox}}} \right\}^{-\frac{1}{2}}$$
$$= \frac{1}{k^0_H} \left\{ k^0_{H^+} \exp\left[\frac{(\alpha + \beta)FV}{RT}\right] - i \exp\left[\frac{\beta FV}{RT}\right] \right\}$$

où α et β sont alors les coefficients de transfert d'énergie pour les ions H^+. Il semble que l'on puisse admettre : $K \ll i/F$. Si l'on pose donc :

$$Y = \left\{ 1 - \frac{1,1285\, i\sqrt{t}}{\nu F\, ox_0 \sqrt{D_{ox}}} \right\}^{-\frac{1}{2}},$$

on se trouve en présence d'une équation de la forme :

$$Y = a \exp(bV) + c \exp(dV)$$

([1]) *Formulaire de calcul symbolique*, M. W. Mc Lachlan et P. Humbert, *Mém. Sc. Math.*, Fasc. 6, 1941.

dont on peut calculer les constantes b et d, d'où α et β par une méthode de calcul classique ([5]). En effet, si l'on prend une série de valeurs du potentiel V, $V_1, V_2, V_3, \ldots V_n$, constituant une progression arithmétique de raison δV et soient $Y_1, Y_2, \ldots Y_n$, les valeurs correspondantes de Y déterminées par l'intermédiaire de la courbe expérimentale (V, t), on doit avoir la relation suivante :

$$\frac{Y_{n+2}}{Y_n} = \left[e^{b\delta V} + e^{d\delta V} \right] \frac{Y_{n+1}}{Y_n} - e^{(b+d)\delta V}$$

Ainsi la pente de la droite (Y_{n+2}/Y_n, Y_{n+1}/Y_n) et la valeur du terme constant, calculée pour un point particulier de cette droite, nous fourniront tous les éléments nécessaires pour calculer b et d, c'est-à-dire α et β. Il est intéressant de remarquer qu'un processus électronique du type 1 (réf. 1) nous donnerait la relation : $Y = A \exp(\gamma\alpha FV/2RT)$, alors que la théorie précédente nous conduit pour Y à une suite de deux exponentielles. On voit donc que ces deux théories sont bien exclusives et il n'y aura pas de confusion dans leur emploi, en particulier, la concordance de l'une avec l'expérience exclura certainement l'autre.

Nous sommes donc actuellement, si l'on considère les résultats des études précédentes ([1]), en possession de trois sortes de relations correspondant à trois processus possibles de réduction; nous pourrons ainsi vérifier tout d'abord à quelle classe appartient la réaction, déterminer si les réductions se font par mécanisme électronique ou par mécanisme indirect et, dans les cas d'irréversibilité, calculer la valeur des coefficients de transfert d'énergie.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur des éléments thermoélectriques particuliers.* Note de MM. **Marcel Perrot** et **Georges Peri**, transmise par M. Eugène Darmois.

Si l'on comprime entre deux plaques métalliques (Zn, Pb, Al, Cu, Ag...), un oxyde métallique en poudre et en particulier de l'alumine, de la glucine, ou de la thorine, on obtient un élément pour lequel toute différence de température $\Delta\Theta$ entre les plaques métalliques, entraîne la création d'une force électromotrice E, dont la valeur est une fonction croissante de $\Delta\Theta$.

Lorsque la poudre est préalablement humidifiée, le pôle positif de l'élément est toujours l'électrode froide.

Cet effet de température est particulièrement important dans le cas d'électrodes en aluminium, et pour de l'alumine calcinée, en grains, contenant environ 50 cm^3 d'eau distillée pour 100 g de poudre.

Avec un élément ayant les caractéristiques suivantes : surface active : $S = 20$ cm^2; épaisseur de poudre $e = 1$ mm; Résistance $R = 50\,\Omega$, on a pu obtenir pour une variation $\Delta\Theta$ de 22°, une force électromotrice $E = 0{,}5$ V. En

([5]) E. Rufener, *La mise en équation des résultats d'expérience*, Édit. Dunod.

reliant cet élément aux bornes d'une résistance $\rho = 400\ \Omega$, il a fourni pendant trois heures un courant I constant de 1 mA.

Les courbes des figures [1] et [2], donnent respectivement pour des éléments ayant des caractéristiques différentes (voir nomenclature), les variations de E et de I en fonction de $\Delta\Theta$, avec des écarts $\Delta\Theta$ n'excédant pas 30°C et pour une

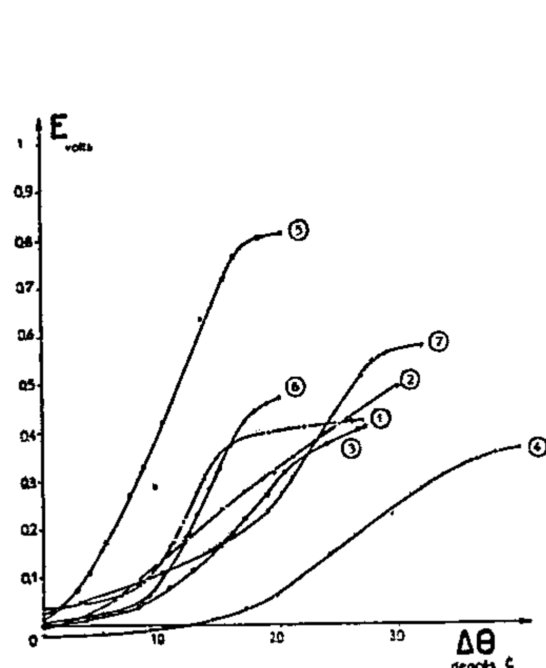


Fig. 1.

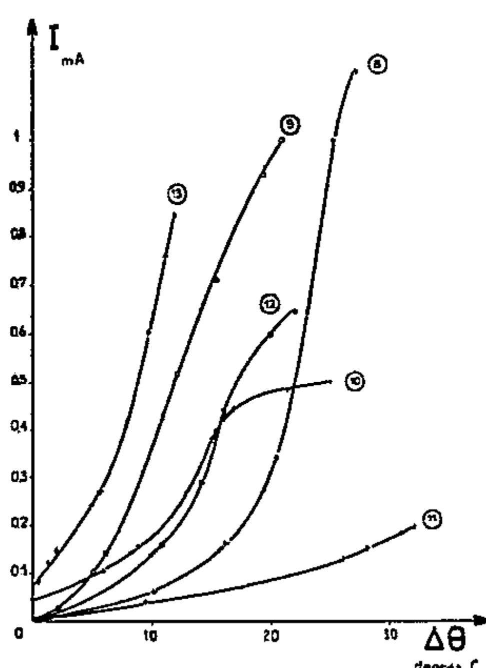


Fig. 2.

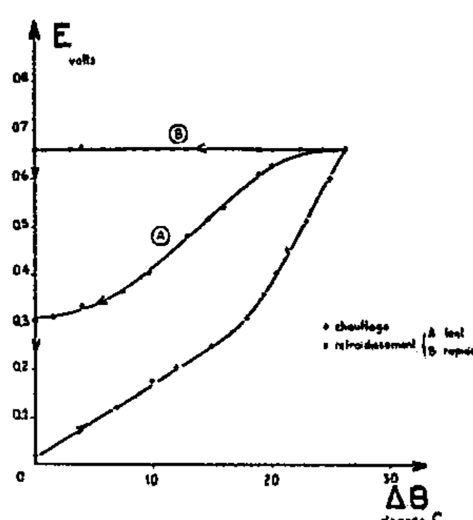


Fig. 3.

température moyenne de l'élément de l'ordre de 50°C. Chacune de ces courbes a été tracée en réalisant des successions d'équilibre de température, le temps global mis pour atteindre le maximum de l'écart $\Delta\Theta$ étant de l'ordre de deux heures.

Nomenclature des éléments correspondant aux figures 1 *et* 2.

N° de la courbe.	Épaiseur (mm).	Électrodes Aluminium utilisé.	Alumine utilisée.
1.......	0,5	Al 99,5%	U. S. A. (Baker Chemical C°)
2.......	2	Al 99,5%	industrielle (Pechiney)
3.......	5	Al commerce	industrielle (Pechiney)
4.......	4,5	Al 99,5%	pour chromatographie (Prolabo)
5.......	1	Al 99,5%	U. S. A.
6.......	1	Al 99,5%	industrielle (Pechiney)
7.......	1	Al commerce	industrielle (Pechiney)
8.......	1	Al »	U. S. A.
9.......	1	Al »	U. S. A.
10.......	1,6	Al »	U. S. A.
11.......	1,6	Al »	U. S. A.
12.......	1	Al »	U. S. A.
13.......	0,5	Al »	U. S. A.

Nota. — L'alumine la plus employée (en provenance de la Baker Chemical C°) contenait les impuretés suivantes : Fe, 0,002%; Cl, 0,005%; Alcalins (Na), 0.25%; Pb, 0,001%; CO_3, 0,00%; SiO_2, 0,05%.

Tous les éléments ont 20 cm² de surface active. Leur résistance, à la température ordinaire, est, d'un élément à l'autre, variable avec la pression, la teneur en eau, et l'épaisseur de la poudre. On a constaté, pour l'ensemble des éléments, une augmentation de la résistance avec la température.

La polarité d'un élément s'inverse lorsqu'on change le signe de $\Delta\Theta$, mais les phénomènes sont d'autant plus réversibles que les variations de températures sont plus lentes.

Il subsiste toujours, lorsqu'on ramène les électrodes à la température ambiante, une légère polarisation dont la valeur et le sens dépendent en particulier du temps employé pour annuler $\Delta\Theta$. Cette polarisation dépend d'une façon générale des traitements auxquels on a soumis l'élément. Il peut même se faire, en opérant en circuit ouvert, que l'on puisse conserver, au moins pendant quelques instants à la température ordinaire, la valeur maximum atteinte par la force électromotrice, en annulant brutalement l'écart de température entre les deux électrodes (courbe [B] figure [3]). On constate ensuite une baisse régulière de cette force électromotrice en fonction du temps (elle est, en moyenne, de l'ordre de 3 mV/mn). La courbe (A) de la même figure, traduit des variations de E pour un refroidissement plus lent. Ces forces électromotrices de polarisation diminuent d'ailleurs fortement lorsqu'on met l'élément en court-circuit pendant quelques instants.

La présence de l'eau dont le rôle paraît fondamental, rend difficile la reproductibilité des résultats. Celle-ci est d'ailleurs fortement liée à l'étanchéité des éléments. Nous avons opéré avec des cellules constituées par un anneau isolant dans lequel sont vissées les électrodes. L'anneau isolant est extérieurement serti par un collier métallique. L'étanchéité entre chaque électrode et l'anneau est assurée par un joint ignifuge et chimiquement neutre.

Des expériences en cours cherchent à définir la nature des phénomènes qui se produisent aux électrodes. Notons enfin que si l'oxyde métallique est employé sec, on peut observer des forces électromotrices de température du même ordre de grandeur que précédemment; les intensités obtenues sont alors extrêmement faibles et le pôle positif est toujours l'électrode chaude.

PHOTOCHIMIE. — *Cinétique et mécanisme de photo-oxydation de l'éther benzylique en phase liquide.* Note de MM. **Louis Debiais**, **Michel Niclause** et **Maurice Letort**, présentée par M. Paul Pascal.

Des études cinétiques récentes ont permis d'élucider le mécanisme d'oxydation, en phase liquide, d'hydrocarbures éthyléniques (¹) et d'aldéhydes (²) par

(¹) *Cf.* par ex. : J. L. Bolland, *Quart. Rev.*, 3, 1949, p. 1 ; L. Bateman, *Quart. Rev.*, 8, 1954, p. 147.

(²) *Cf.* par ex. : P. Fillet, M. Niclause et M. Letort, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1489; J. R. Mc Nesby et C. A. Heller jr., *Chem. Rev.*, 54, 1954, p. 325.

l'oxygène dissous. Nous avons entrepris une étude systématique analogue sur les éthers-oxydes. Notre choix s'est tout d'abord porté sur l'éther benzylique ($C_6H_5-CH_2-O-CH_2-C_6H_5$), qui présente l'avantage d'avoir une tension de vapeur suffisamment faible (inférieure à 1/10 mm Hg jusqu'à 80°C), pour que la dissolution de l'oxygène n'en soit pas gênée. L'oxydation de cet éther, extrêmement lente au voisinage de la température ambiante, peut être induite photochimiquement (essentiellement sous l'action de la raie 3130 Å de Hg) dès 0°C.

1. Nous avons fait l'étude *cinétique* de cette réaction de photo-oxydation, par mesure des volumes d'oxygène absorbé à pression constante, à des taux d'oxydation inférieurs à 2 % environ afin d'éviter l'influence éventuelle des produits formés. Notre montage permet de se placer facilement dans des conditions telles que la vitesse de dissolution de O_2 soit réglée par l'acte chimique et non par des phénomènes de diffusion, ce qui est essentiel dans une telle étude.

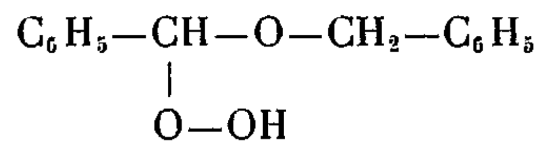
Nos expériences ont été effectuées entre 0 et 30°C et à des pressions d'oxygène comprises entre 250 et 650 mm Hg, sur l'éther benzylique pur ou en solution dans le décane *n*-. La vitesse de photo-oxydation est proportionnelle à la racine carrée de l'intensité lumineuse absorbée I_a, indépendante de la pression d'oxygène et proportionnelle à la concentration de l'éther :

$$V_{ph} = K_{ph}\, I_a^{1/2}\, (\text{Ether}) \qquad \text{(I)}$$

L'énergie d'activation globale vaut $E_{ph} = 6{,}8 \pm 0{,}5$ Kcal. Le rendement quantique de la réaction est élevé : il est voisin de 50 à 10° C, pour l'éther pur et pour $I_a \simeq 2.10^{-7}$ Einstein. litre^{-1}.sec^{-1}.

L'analyse montre que 90 % environ de l'oxygène absorbé se retrouve dans les produits d'oxydation sous forme de groupements peroxydiques —O—O—.

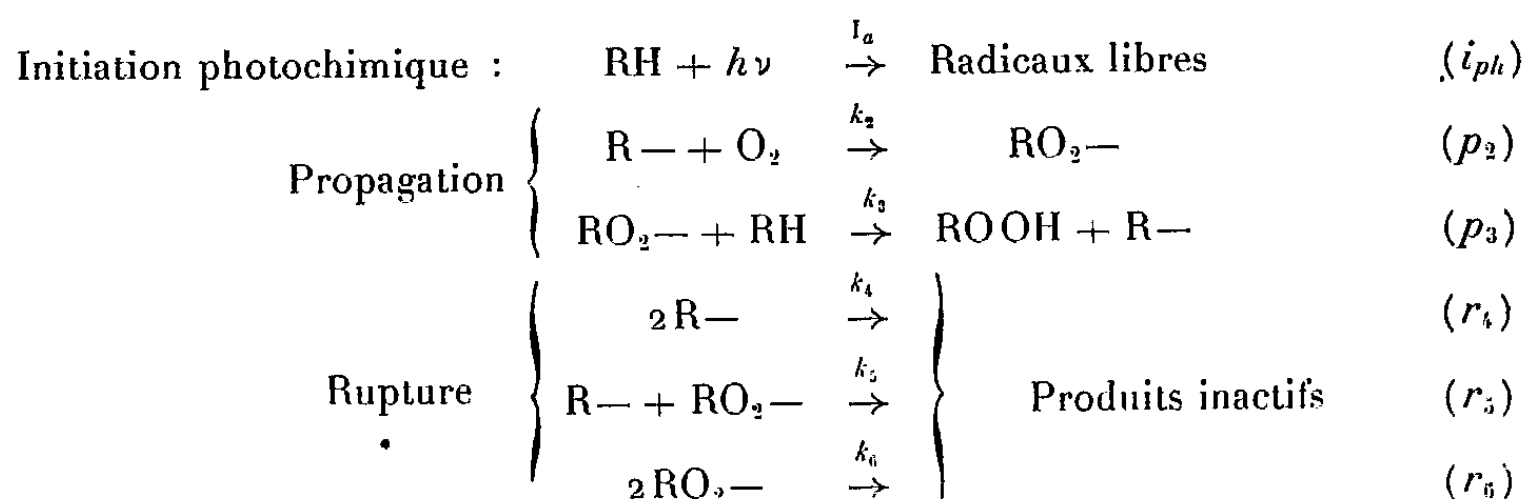
2. Bien que le peroxyde formé n'ait pas été isolé, l'ensemble des résultats précédents conduit à penser que le produit moléculaire primaire et principal de la réaction est l'hydroperoxyde [3] :



et qu'il se forme par le *mécanisme en chaînes* suivant (où R— représente le

(3) F. G. Eichel et D. F. Othmer, *Ind. Eng. Chem.*, 41, 1949, p. 2623, ont déjà fait appel à cette formule pour rendre compte des produits formés dans l'oxydation thermique (à plus haute température) de l'éther benzylique; cette formule est analogue à celle proposée par A. M. Clover (*J. Am. Chem. Soc.*, 44, 1922, p. 1107; 46, 1924, p. 419) pour représenter le peroxyde de l'éther éthylique.

radical $C_6H_5—\underset{|}{C}H—O—CH_2—C_6H_5$):



Lorsque la pression d'oxygène est suffisante, le rapport

$$\frac{k_3(RH)}{k_2(O_2)} = \frac{(R-)}{(RO_2-)}$$

est très petit devant 1 et la vitesse de photo-oxydation, calculée à partir du schéma précédent, est pratiquement donnée par l'expression

$$\text{(II)} \qquad V_{ph} = \frac{k_3}{(2k_6)^{\frac{1}{2}}} \varphi^{\frac{1}{2}} I_a^{\frac{1}{2}} (RH)$$

en désignant par φ le rendement quantique primaire de l'initiation des chaînes.

La relation théorique (II) est bien analogue à la relation empirique (I).

Par conséquent, dans nos conditions expérimentales (0 — 30° C et p_{O_2} comprise entre 250 et 650 mm Hg), le processus de rupture prépondérant serait r_6 et l'énergie d'activation globale mesurée (6,8 Kcal) représenterait la différence $E_3 - (1/2)E_6$.

Le schéma précédent est du même type que ceux qui ont déjà été proposés pour représenter l'oxydation d'hydrocarbures éthyléniques ([1]) et d'aldéhydes ([2]); c'est dire que ce mécanisme semble très général.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation du chloral avec les hydrocarbures éthyléniques*. Note de MM. **Jean Colonge** et **André Perrot**, présentée par M. Marcel Delépine.

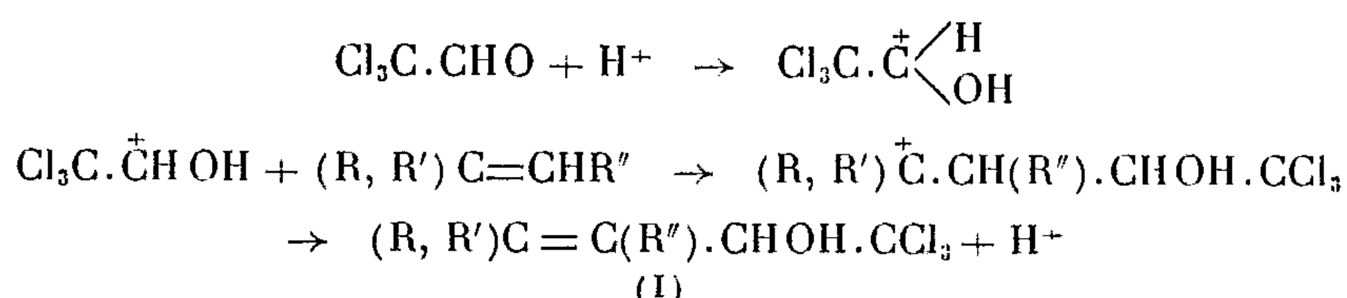
Sous l'action catalytique du chlorure d'aluminium, les hydrocarbures éthyléniques réagissent sur le chloral avec formation de trichlorométhylcarbinols secondaires à fonction éthylénique.

Plusieurs auteurs dont Dinesman ([1]) ont montré que le chloral se condense avec les hydrocarbures aromatiques, en présence de chlorure d'aluminium,

([1]) *Comptes rendus*, 141, 1905, p. 201.

pour donner des aryltrichlorométhylcarbinols. Nous avons étendu cette réaction aux hydrocarbures éthyléniques des séries aliphatique et cyclanique ; nos résultats montrent que l'on obtient des trichlorométhylcarbinols secondaires éthyléniques (I). Pour que cette réaction ait lieu, il est nécessaire que l'un des carbones éthyléniques porte au moins un atome d'hydrogène puisque le méthyl-1 éthyl-2 cyclohexène-1, par exemple, ne réagit pas dans les conditions fixées.

Le chlorure d'aluminium agit bien comme catalyseur car les quantités utilisées n'atteignent que 1/10e de mole par mole de chloral. En faisant appel à la formation d'ions carboniums, on peut admettre le mécanisme suivant :



$$Cl_3C.CHO + H^+ \rightarrow Cl_3C.\overset{+}{C}\langle^{H}_{OH}$$

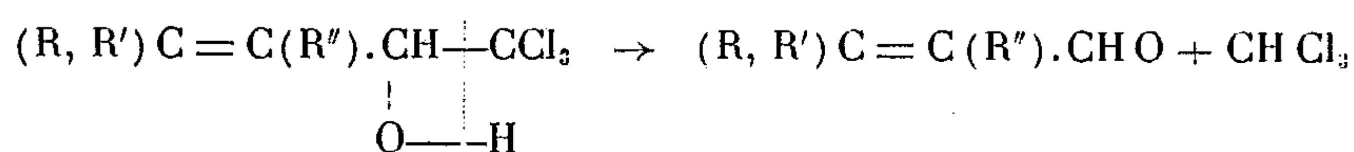
$$Cl_3C.\overset{+}{C}HOH + (R, R')C{=}CHR'' \rightarrow (R, R')\overset{+}{C}.CH(R'').CHOH.CCl_3$$

$$\rightarrow (R, R')C = C(R'').CHOH.CCl_3 + H^+$$
(I)

Mode opératoire. — Sous agitation et en un temps variant selon le composé éthylénique de 1 h à 3 h, on ajoute de 6 à 9 g de chlorure d'aluminium anhydre au mélange refroidi entre — 5° et 0° de 1 mole d'hydrocarbure éthylénique et de 0,5 mole de chloral anhydre, dilué parfois avec de l'éther de pétrole. On hydrolyse ensuite et termine à la manière habituelle. Le rendement oscille entre 40 et 85 % de la théorie.

Constitution et propriétés des alcools obtenus. — La constitution des alcools (I) est étayée par le fait que la présence d'un atome d'hydrogène est nécessaire sur l'un des carbones éthyléniques de l'hydrocarbure pour que la réaction ait lieu ; de plus, des preuves supplémentaires sont apportées par les transformations suivantes effectuées sur les alcools par ébullition avec des réactifs alcalins :

a. Scission en aldéhyde α-éthylénique et chloroforme



$$(R, R')C = C(R'').CH(OH)\text{—}CCl_3 \rightarrow (R, R')C = C(R'').CHO + CHCl_3$$

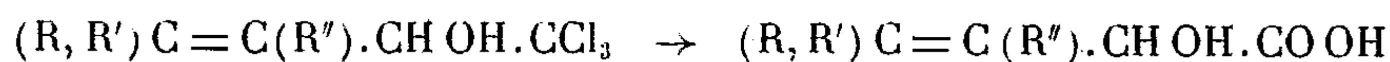
suivie dans certains cas d'une hydrolyse de l'aldéhyde α-éthylénique en méthylcétone et acétaldéhyde



$$(R, CH_3)C = CH.CHO + H_2O \rightarrow R.CO.CH_3 + CH_3.CHO$$

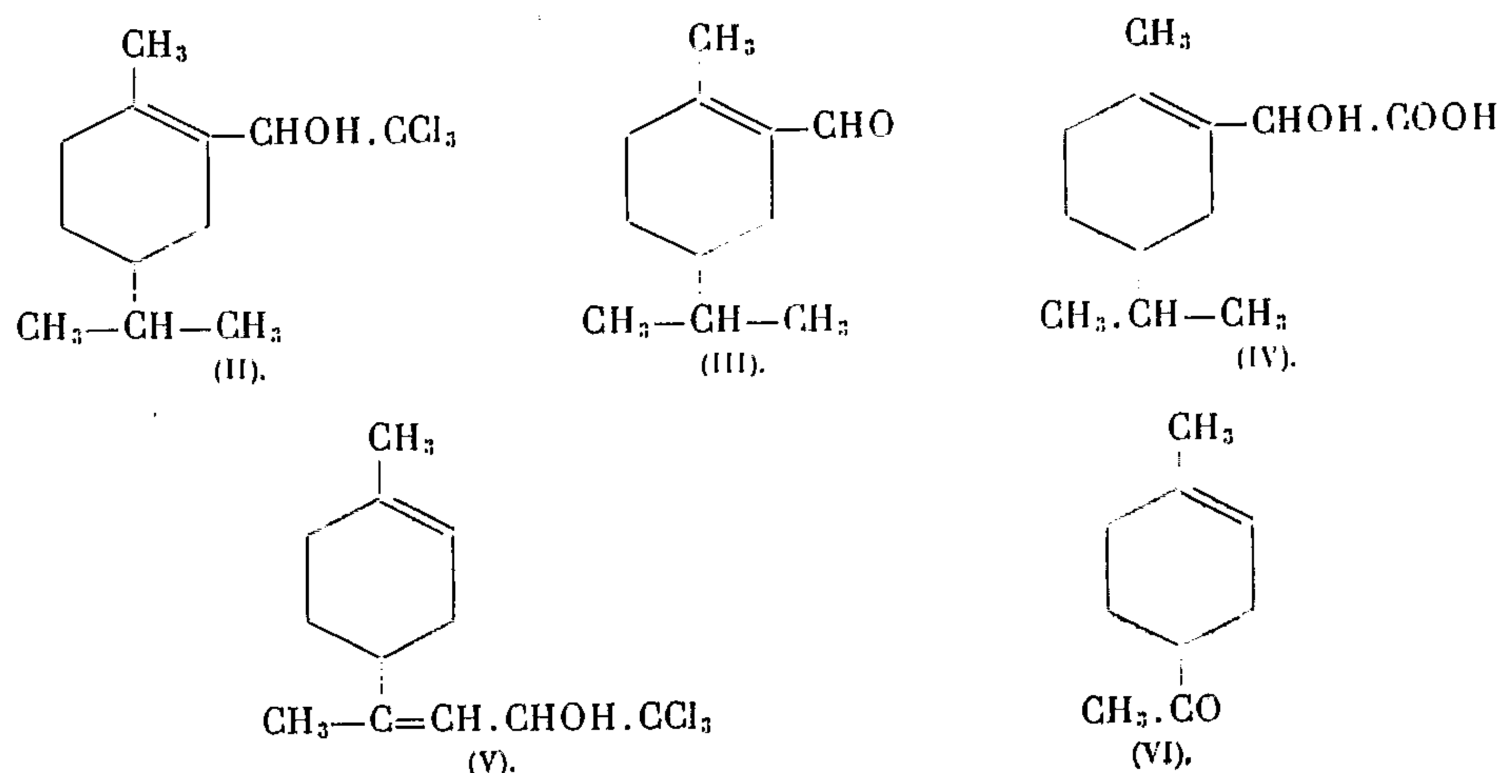
Cette coupure par hydrolyse rappelle celle du citral en éthanal et méthylhepténone.

b. Hydrolyse en acide α-alcool secondaire β-éthylénique



$$(R, R')C = C(R'').CHOH.CCl_3 \rightarrow (R, R')C = C(R'').CHOH.COOH$$

Tous les alcools obtenus sont des liquides huileux, incolores et irritant la peau.



*Méthyl-4 trichloro-*1.1.1 *pentène-*3 *ol-*2 $C_6H_9OCl_3$. — $É_{20}$ 102°; d_4^{25} 1,287; rdt 80 %; s'hydrolyse en aldéhyde β-β-diméthylacrylique (25 %) et acide isopropylidènelactique (10 %).

*Trichloro-*1.1.1 *nonène-*3 *ol-*2 $C_9H_{15}OCl_3$. — $É_{12}$ 137°; d_4^{24} 1,175; rdt 80 %.

*Phényl-*4 *trichloro-*1.1.1 *pentène-*3 *ol-*2 $C_{11}H_{11}OCl_3$. — $É_3$ 150°; d_4^{21} 1,212; rdt 70 %. S'hydrolyse en acétophénone (20 %).

*Trichloroéthylol-*1 *cyclohexène-*1 $C_8H_{11}OCl_3$. — $É_{16}$ 138°; d_4^{20} 1,318; rdt 85 %. S'hydrolyse en aldéhyde tétrahydrobenzoïque (35 %) et acide tétrahydromandélique (30 %).

*Méthyl-*1 *trichloroéthylol-*2 *cyclohexène-*1 $C_9H_{13}OCl_3$. — $É_5$ 127°; d_4^{23} 1,307.

*Méthyl-*1 *isopropyl-*4 *trichloroéthylol-*2 *cyclohexène-*1 $C_{12}H_{19}OCl_3$ (II). — $É_3$ 130°; d_4^{25} 1,195; rdt 60 %. S'hydrolyse en méthyl-2 isopropyl-5 tétrahydrobenzaldéhyde (III) et acide méthyl-2 isopropyl-5 tétrahydromandélique (IV).

*Trichoroéthylol-*9 *limonène* $C_{12}H_{17}OCl_3$ (V). — $É_4$ 152°; d_4^{25} 1,219; rdt 40 %. L'hydrolyse alcaline conduit à la *p*-méthyltétrahydroacétophénone (VI) avec un rdt de 22 %.

Nous poursuivons ces recherches en utilisant des composés éthyléniques fonction complexe.

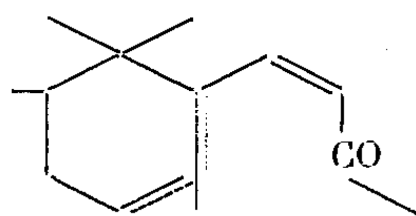
CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de triméthylirones.*

Note de M. **Pierre Ardizio**, présentée par M. Marcel Delépine.

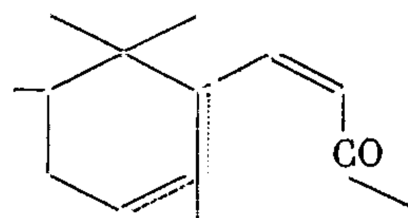
La synthèse de triméthyl-$3_1.3_1.3_1$-irones (tétraméthyl-$3_1.3_1.3_1$.6-ionones) a été effectuée en remplaçant, dans la synthèse d'irones de Naves et Grampoloff, l'acétylacétate d'éthyle par le pivaloylacétate d'éthyle.

Pour donner suite à un programme de travail portant sur la synthèse

d'homologues d'irones (méthyl-6-ionones) (I), élaboré par M. Y. R. Naves [1], il m'incombait de préparer les triméthylirones (II) correspondant à la substitution du groupe méthyle en 3 par le groupe tert.-butyle.



(I : α ou β)



(II : α ou β)

La synthèse effectuée a été calquée sur celle, aujourd'hui classique, qui a été réalisée en 1944 par Naves et Grampoloff [2] et en 1946 par Schinz, Ruzicka, Seidel et Tavel [3].

Le bromo-1 diméthyl-2.3 butène-2 a été condensé avec le pivaloyl-acétate d'éthyle $(CH_3)_3.C.CO.CH_2.CO_2C_2H_5$ préparé suivant Wahlberg [4], par l'intermédiaire de l'ester sodé. Les produits suivants et leurs dérivés pour identifications ont été successivement réalisés :

Tétraméthyl-2.2.6.7 octène-6 one-3 carboxylate-4 d'éthyle (Rdt 88 % sur l'ester); $C_{15}H_{26}O_3$; $É_4$ 125-126°; d_4^{20} 0,950; n_D^{20} 1,4561; RM_D 72,76 (calc. 72,67). Tétraméthyl-2.2.6.7 octène-6 one-3 (Rdt 95 % sur l'ester); $C_{12}H_{22}O$; $É_4$ 82-83°; d_4^{20} 0,856; n_D^{20} 1,4515; RM_D 57,35 (calc. 57,16); semicarbazone, $C_{13}H_{25}ON_3$; F 191-192°; phényl-4-semicarbazone, $C_{19}H_{29}ON_3$; F 133-134°; D.N.P., $C_{18}H_{26}O_4N_4$; F 118-120°. Dimétho-3.4-pentène-3-yl-tert-butyl-éthynyl-carbinol (Rdt 88 % sur la cétone); $C_{14}H_{24}O$; $É_3$ 102-104°; d_4^{20} 0,889; n_D^{20} 1,4731; RM_D 65,71 (calc. 65,91). Alcool vinylique corr. (tétraméthyl-3.6_1.6_1.6_1 linalol); $C_{14}H_{26}O$; $É_{2,5}$ 93-94°; d_4^{20} 0,8762; n_D^{20} 1,4723; RM_D 67,22 (calc. 67,44). Tétraméthyl-3.6_1.6_1.6_1 citrals (Rdt 38 % sur le tétraméthyl-linalol); $C_{14}H_{24}O$; $É_2$ 114-116°; d_4^{20} 0,904; n_D^{20} 1,4921; RM_D 66,83 (calc. 65,93); semicarbazone $C_{15}H_{27}ON_3$; F 206-207°; phényl-4-semicarbazone $C_{21}H_{31}ON_3$; F 130,5-131°,5; D. N. P., $C_{20}H_{28}O_4N_4$; F 188-189°,5. Triméthyl-6_1.6_1.6_1 pseudoirones (Rdt 75 % sur les aldhédydes); $C_{17}H_{28}O$; $É_{2,5}$ 144-145°; d_4^{20} 0,8992; n_D^{20} 1,5246; RM_D 84,56 (calc. 79,31); phényl-4-semicarbazone; $C_{24}H_{35}ON_3$; F. 191-192°; jaunissant à la lumière (probablement *trans* [6]; D. N. P., $C_{23}H_{32}O_4N_4$; F 168,5-169°,5. Triméthyl-3_1.3_1.3_1 irones (par le trifluorure de bore [5]); $C_{17}H_{28}O$; $É_2$ 120-125°;

---

[1] Voyez à ce sujet : NAVES, *Bull. Soc. Chim.*, 1953, p. M 557.
[2] *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 2552 (Plis cachetés des 28 février 1944 et 6 mars 1944).
[3] *Helv. Chim. Acta*, 30, 1948, p. 1807 (Pli cacheté du 21 octobre 1946).
[4] *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 44, 1914, p. 2072.
[5] NAVES, *Helv. Chim. Acta*, 31, 1948, p. 1108.
[6] NAVES et ARDIZIO, *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. M 795.

d_4^{20} 0,936 à 0,941 ; n_D^{20} 1,498 à 1,502 ; *odeur faible ne rappelant ni la violette, ni l'iris* ; phényl-4-semicarbazone ; $C_{24}H_{35}ON_3$; F 206-207° ; abs. en sol. alcool 96 % ; λ max 276-277 mμ ; ε 35 300 ; D. N. P., $C_{23}H_{32}O_4N_4$; F 146-147° ; couleur orangée ; abs. en sol. alcool 96 % : λ max 379 mμ ; ε 29 000 ; en sol. $CHCl_3$: λ max 383 mμ ; ε 27 600.

Les dérivés de tétraméthyl-citral, de triméthyl-pseudo-irone, de triméthyl-irone mentionnés étaient accompagnés de petites proportions de dérivés isomères qui n'ont pu être isolés à l'état pur.

En raison de l'emploi du trifluorure de bore pour la cyclisation et des contraintes stériques affectant la structure triméthyl-β-irone, il est vraisemblable que les dérivés obtenus sont ceux d'une triméthyl-α-irone et, du fait de la structure *trans* (6.7) vraisemblable de la triméthyl-pseudo-irone dominante, il paraît devoir s'agir d'une *cis* (2.6)-triméthyl-α-irone ([7]). On peut présumer que les dérivés de la triméthyl-β-irone différeraient peu par les caractères d'absorption ultraviolette de ceux des isomères α en raison, précisément, des contraintes stériques ([8]).

GÉOLOGIE. — *Constatations sur la radioactivité des phosphates africains.* Note (*) de M. **Léon Visse**, présentée par M. Paul Fallot.

L'auteur suppose une relation entre les valeurs du rapport U/P et les conditions de dépôt des phosphates sédimentaires ; en outre, les preuves d'un déplacement ultérieur de l'uranium sont fournies.

Comparativement à celle des autres sédiments, la radioactivité des phosphates sédimentaires est souvent élevée. Dans leur gisement primaire, celle des phosphates marins l'est plus que celle des phosphates d'origine continentale ([1]).

1° A propos des phosphates marins, les valeurs du rapport U/P (U % 10^3/P %) quoique plus irrégulières sont plus élevées dans les accumulations de plate-forme : 1,1 (Maroc) ; 0,8 (Sénégal) ; 0,8 (Togo) ; 1,8 (Moyen Congo), etc. Elles sont plus faibles en zone subsidente (Sud-Est algéro-tunisien : $\leqq$ 0,5).

Cette constatation implique certainement un meilleur équilibre atteint par les phosphates « non subsidents », significatif d'une vitesse de sédimentation plus lente, expression vraisemblable des phénomènes prolongés de remaniement sous-marin. Plus généralement, cette conclusion doit

---

(7) Naves, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. M 667.

(8) Naves, *Bull. Soc. Chim.*, 1951, p. M 243.

(*) Séance du 9 août 1954.

(1) L. Visse, Les faciès phosphatés, *Revue des Pétroles*, Paris 1953.

valoir, en partie, pour expliquer la radioactivité relativement élevée des phosphates, comparée à celles d'autres sédiments.

2° A l'échelle du faisceau phosphaté plutôt qu'à celle de la série stratigraphique, et indépendamment des teneurs en phosphore, les valeurs de U/P sont parfois plus élevées dans les premières assises déposées (bassin de Gafsa, Togo, etc.).

Lorsque la dernière couche déposée accuse une certaine tendance régressive, U/P enregistre également une augmentation (Togo). Mais l'inverse est nettement accusé à la limite de passage au faciès régressif stérile.

Fréquemment, l'augmentation relative des valeurs de U/P paraît donc liée à un début de cycle de sédimentation phosphatée (tendance transgressive) ou à sa fin (tendance régressive). Ces faits sont certainement en relation avec les vitesses de dépôt, spécifiques de ces phases sédimentologiques.

3° Globalement, les valeurs du rapport U/P ne dépendent guère des variations de puissance des récurrences phosphatées; elles sont comparables pour des assises épaisses et exploitables, ou très minces (exemple : bassin de Gafsa, du Togo, etc.). Au Maroc, le fait que les valeurs de U/P d'assises phosphatées d'égale puissance soient variables, est un autre argument favorable à cette conclusion.

Les variations d'extension géographique des diverses récurrences d'une formation phosphatée n'entraînent pas non plus des variations importantes de U/P (couches majeures et mineures du bassin de Gafsa).

4° Pour les phosphates « en grains », les valeurs de U/P sont indépendantes de la texture coprolithique ou pseudo-oolithique; les proportions d'uranium des coprolithes et des pseudo-oolithes d'un même phosphate sont souvent comparables.

Les variations de valeurs de U/P sont fréquemment indépendantes de celles qui affectent la composition minéralogique de l'exogangue; il existe donc une relation évidente entre l'uranium et l'apatite du sédiment, que souligne une certaine fixité de U/P dans une même formation malgré les variations des proportions d'exogangue. Cependant, dans certains cas, un peu d'uranium peut être décelé dans les exoargiles, et des enduits de minéraux uranifères sont parfois en relation avec les veinules marneuses incluses dans certaines assises phosphatées (bassin des Ganntour).

Il est difficile de dégager une relation entre les proportions de matières organiques d'endogangue et les variations de U/P ou U %. En Afrique du Nord, les teneurs en U sont uniformément plus faibles dans les phosphates riches en matières organiques (Tunisie). Mais au Togo, dans un même faisceau, les valeurs de U/P des assises phosphatées à teneur notable de

matières organiques sont identiques, sinon plus élevées que celles des récurrences phosphatées exemptes de matières organiques.

5° La nature minéralogique et la texture du minéral phosphaté n'influencent pas toujours les teneurs en uranium; au Sénégal, les teneurs des apatites sédimentaires massives de Ker-Mamour (0,013 % d'U) et granuleuses de Lam-Lam (0,012 %) sont comparables à celles de nombreux phosphates alumino-calciques (0,018 %) bien que ces derniers accusent habituellement des teneurs plus faibles que les phosphates de chaux : Nigéria (2), Togo, etc.

La faible influence des facteurs considérés aux paragraphes 3, 4 et 5 sur les valeurs du rapport U/P ou leurs variations, s'explique certainement par l'effet plus marqué des conditions paléo-océanographiques de dépôt.

L'origine première de l'uranium est dans l'eau de mer (3). Il se produisit cependant un déplacement du métal, postérieurement au dépôt des phosphates; il est prouvé notamment par l'existence d'enduits uranifères tapissant les diaclases de certaines couches stériles (Maroc) et par la diminution des teneurs en U dans les zones d'altération continentale (Togo), ou de recristallisation de l'apatite cryptocristalline avec déplacement de l'ion phosphorique (Sénégal).

Ces constatations expliquent que, d'une manière générale, les valeurs de U/P sont plus irrégulières et souvent plus faibles dans les phosphates marins remaniés ultérieurement en milieu continental. Enfin, une autre preuve de ce déplacement du métal est dans l'existence de sources radioactives à proximité de certains gisements. Il peut expliquer la zonalité géographique d'égale radioactivité stratigraphique, décelée au Maroc par Ch. Bizard (4).

GÉOLOGIE. — *Le Maestrichtien des environs d'Agadir (Sud Marocain).* Note (*) de M. **Robert Ambroggi**, présentée par M. Paul Fallot.

Une précédente Note (1) annonçait la découverte d'un bassin phosphaté maestrichtien dans l'oued Erguita, immédiatement au Nord de Taroudant.

En 1930, E. Roch (2) décrivait plus à l'Ouest, dans les environs d'Agadir,

(2) C. F. Davidson et D. Atkin, XIXe Congrès géologique International 1952.

(3) V. E. Mc Kelvey et M. Nelson, *Écon. Géol.*, 45, 1950, p. 35.

(4) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1387.

(*) Séance du 9 août 1954.

(1) R. Ambroggi et C. Arambourg, *Comptes rendus*, 232, 1950, p. 170.

(2) *Notes et Mémoires Service Mines et Carte géol. Maroc*, n° 9, 1930, p. 447-449.

deux bassins phosphatés du Maestrichtien : le bassin de l'Assif Tamghart et le bassin des Aït Abbès-Mesguina. Une étude détaillée de ces bassins révèle des faciès et une faune inconnus dans le bassin de l'Erguita.

Une coupe relevée sur rive droite de l'Assif Asserssif (bassin de l'Assif Tamghart), 1 km à l'Est du Douar Aouine, au point de coordonnées $x = 82,600$ — $Y = 396,100$ (feuille Tamanar), montre la succession suivante, depuis l'oued jusqu'à une petite gara :

1. Grès jaunes tendres à *Pycnodonta vesicularis* Lmk, *Ostrea acutirostris* Nils, *Palmula* gr. de *rugosa* d'Orb., *Frondicularia archiaciana* d'Orb., *Globotruncana* cf. *stuarti* De Lapp., *G.* cf. *angusticarinata* Gaud., *Ammomarginulina* sp. (forme arenacée), *Siphogaudryina* sp., Ostracodes, rares spongiaires (spicules)	80-100^{m}
2. Marnes siliceuses blanches (80 à 95 % de silice colloïdale) se délitant en plaquettes et contenant de grosses concrétions calcaires de 0,20 à 0,50 m de diamètre	8
3. Marnes siliceuses jaunes verdâtres, esquilleuses, à fin débit, contenant *Ostrea nicaisei* Coq, *Pseudogaudryina* sp., *Arenobulimina* sp., *Buliminella* sp., *Pleurostomella* sp., *Globotruncana* sp., *Cytherella ovata*	20
4. Bancs gréseux jaunes alternant avec des marnes siliceuses blanchâtres à grosses concrétions calcaires; les grès renferment *O. nicaisei*, *Baculites* cf., *anceps* Lmk, *Inoceramus* sp., *Pholadomya* gr. de *Ph. connectans* Forbes	10
5. Bancs gréseux jaunâtre formant corniche et contenant *O. nicaisei* Coq	3
6. Marnes siliceuses à patine blanche, [faciès porcelané, débit en plaquettes à écailles de Poissons], coupées de deux niveaux gréseux à concrétions calcaires.	15
7. Calcaire gréseux gris à *O. nicaisei* formant corniche	1
8. Alternance de marnes siliceuses, faciès porcelané et grès gris ou jaunes à écailles de Poissons	20
9. Banc de grès ferrugineux formant surface structurale couverte de galets à + 80 m au-dessus du lit de l'A. Asserssif	5
10. Alternance de grès ferrugineux et de marnes siliceuses à dents de *Pycnodus*.	60
Discordance (*Calabrien-Villafranchien*).	
11. Conglomérat à gros galets formant corniche	3
12. Grès calcaire à galets formant gara à + 150 m au-dessus de l'A. Asserssif	5

Le niveau 1 repose sur des marnes vertes à *Texanites texanum* Rœmer du Santonien. Par la macrofaune, ce niveau est Campanien-Maestrichtien. Par la microfaune, il serait seulement Campanien inférieur; je le rangerai de préférence dans le Campanien. Les niveaux 2 à 10 renferment une macrofaune maestrichtienne, bien que la microfaune indique toujours le Campanien, une attribution d'âge maestrichtien paraît conforme à la position des assises. Aucun élément faunistique n'a encore fourni la preuve

de l'existence de l'Éocène. Les niveaux 11 et 12 qui surmontent en discordance ce Maestrichtien sont Calabriens-Villafranchiens.

Le Bassin des Aït Abbès-Mesguina fournit des coupes très comparables par le faciès et la faune; détail particulier, le sommet de la série maestrichtienne se charge en galets et recèle des empreintes de pas de Reptiles (Dinosauriens théropodes).

Les caractères dominants de ces bassins occidentaux de la vallée du Sous sont les suivants : absence totale de niveaux phosphatés, ainsi que de la faune de Poissons qui accompagne ces niveaux, prédominance de marnes très siliceuses rappelant les diatomites, avec abondance des Huîtres et de Foraminifères arénacés; ceci indique un faciès moins pélagique ou tout au moins plus littoral. La présence d'empreintes de pas de Dinosauriens théropodes implique même l'idée d'une mer très peu profonde et d'un rivage proche fréquentés à marée basse par ces animaux.

Par contre le bassin oriental de l'Erguita révèle un régime particulier de sédimentation où dominent les sables phosphatés à dents de Poissons. Ce bassin a été le siège de conditions océanographiques et biologiques propices à la phosphatogénèse. Il s'apparente aux bassins d'Imi'n'Tanout, de Louis-Gentil et de Khouribga et s'intègre ainsi dans la « mer des phosphates » représentée par une zone assez littorale, recouverte par une mer chaude communiquant largement avec la haute mer.

Ceci amène à conclure qu'au Maestrichtien les bassins occidentaux des environs d'Agadir constituaient entre l'Océan et l'Oued Issen une aire très littorale, parsemée de hauts-fonds et à proximité d'un rivage, tandis que le bassin de l'Erguita s'établissait dans un chenal plus profond qui communiquait par la vallée d'Argana avec le bassin d'Imi'n'Tanout dont l'identité des faunes a déjà été démontrée ([1]).

GÉOLOGIE. — *Les volcans sous-marins infra et supracritiques de Cap-Djinet* (*Algérie*). Note de M. **Louis Glangeaud**, présentée par M. Pierre Pruvost.

A des volcans sous-marins profonds (supracritiques) d'âge oligocène, ont succédé des volcans de plus faible profondeur (infracritiques et subaériens). Les seconds sont beaucoup plus riches en tufs et projections que les premiers.

Les affleurements de roches éruptives du massif de Djinet sont figurés sur la carte géologique de Ménerville (1re édition) uniquement par la teinte de l'andésite. Curie et Flamand ([1]) ont décrit ces roches. Depuis, j'ai apporté

([1]) *Public. Serv. carte géol. Algérie*, Alger, 1890, 101 pages.

quelques précisions supplémentaires ([2]). Ces formations sont intercalées entre deux séries marines, l'une antévolcanique, considérée par M. Muraour ([3]), comme d'âge dellysien (Oligocène supérieur) et l'autre postvolcanique, d'âge miocène inférieur ou encore dellysienne.

Toutes ces formations ont été faillées et déformées par des plis à grand rayon de courbure, du Sud au Nord : synclinal de l'oued El-Amar, anticlinal de Djennad, et synclinal (avec graben) du cap Djinet. En plus de ces plis, on peut distinguer trois failles Nord-Est-Sud-Ouest, l'une (f_1) traverse la Zouaia sidi El Arbi, à la limite Sud du synclinal de l'oued El-Amar, la deuxième (f_2) passe au voisinage de Djennad et la troisième (f_3) est jalonnée par les deux necks du point 93 et de Mersa Djinet. Il semble qu'une partie de ces failles soit contemporaine des phénomènes volcaniques, tandis que les déformations à grand rayon de courbure sont postvolcaniques. Les failles ont d'ailleurs pu rejouer après les éruptions.

Si l'on rétablit la continuité originelle des affleurements, on trouve, à la base, des basaltes à olivine ayant une tendance microdoléritique et des labradoritites. Ces roches forment notamment les necks du point 93 et de la Mersa Djinet, exploités en carrière. Ils traversent les marnes dellysiennes en les modifiant légèrement au contact. La venue du point 288 représente un sill intrusif de microdolérite métamorphisant les marnes au toit et au mur. Le neck 93 est aussi en rapport avec une intrusion intradellysienne, mais celle-ci passe latéralement à une coulée sous-marine à pillow-lavas. Ces pillow-lavas s'étendent depuis la pointe Sud-Ouest du massif, au voisinage du point 161, jusque dans la région du K^at^ Bel-Hazert. Des coulées de petites dimensions très irrégulières, avec pillow-lavas, y sont mélangées avec des produits bréchiques et des marnes à Globigérines.

A la base des coulées, des boules sphériques de labradorite et de basalte sont souvent complètement entourées par les marnes à Globigérines durcies et silicifiées. Ces coulées ont dû s'épancher sur un fond sous-marin. A leur partie inférieure, un rochage s'est produit au contact de la vase molle et humide. Les pillow-lavas sphériques ont pu ainsi être complètement entourés par la vase. Nous avions déjà signalé ([4]) une différenciation chimique entre le centre et la périphérie de ces sphères. Les coulées contiennent des enclaves, de diorite quartzifère et de granodiorite, bien cristallisés.

Au Cap Djinet, les coulées basaltiques et andésitiques inférieures sont interstratifiées dans les marnes supérieures du Dellysien (Oligocène supérieur?).

([2]) *Thèses Sciences*, Paris, 1932; *Bull. Serv. carte géol. Algérie*, 1939, p. 19-53, 4+6 pl.; *XIXe Congrès géol. intern.*, Alger, Monogr. région., 1re série, n° 25, p. 122-130.

([3]) *XIXe Congrès géol. intern.*, Alger, *op. supra cit.*, p. 75.

([4]) *Loc. cit.*, 1939, p. 34.

La première *série éruptive de Djinet* serait donc contemporaine de la fin de l'Oligocène.

Cette série basaltique inférieure affleure le long de la route littorale, au Nord de Mazer et de Bou Noha, jusque sur la feuille voisine de Tizi-Ouzou. Ces émissions ont dû suivre les failles f^2 et f^3 signalées plus haut. La masse principale, épaisse de plus de 300 m située dans la région de Djennad passe latéralement, vers le Sud-Ouest du massif, aux formations marines. L'importance des coulées va ainsi en diminuant du Nord-Est au Sud-Ouest.

Au-dessus, la deuxième série volcanique que nous nommerons « *formation de Djennad* » offre des andésites et des labradoritites, avec des tufs volcaniques qui peuvent être en partie subaériens. Cette série supérieure passe vers la partie supérieure du K[at] Bel-Azer à des tufs remaniés qui marquent la fin de l'éruption. La série supérieure est profondément modifiée et silicifiée.

Partant de ces données, on peut ainsi reconstituer l'histoire du volcan : les premières éruptions de lave, formées notamment de basalte à olivine, à tendance microdoléritique, et d'andésite augitique, ont dû couler sur des vases à Globigérines assez profondes. La profondeur de ces premiers volcans à pillow-lavas était telle que la pression hydraulique sur le fond était supérieure à la pression critique de la vapeur d'eau. Dans ces « *volcans supracritiques* », les phénomènes explosifs étaient réduits ([5]). Ces formations sous-marines supracritiques offrent des analogies avec les séries ophiolitiques et spilitiques alpines. Au contraire, la série supérieure de Djennad a dû se former à une profondeur plus faible (*éruptions sous-marines infracritiques* et *subaériennes*). Les produits explosifs y sont beaucoup plus abondants.

Des phénomènes fumerolliens et hydrothermaux intenses ont produit de profondes transformations dans tous ces volcans sous-marins. Ils sont dus, en partie, à l'action des eaux d'imbibition des vases, surchauffées, qui ont amené la formation de toute une série de produits secondaires (zéolites, chlorites, etc.). Après les éruptions, le massif fut érodé ; une partie de ses débris est reprise dans les brèches de base des marnes postvolcaniques de l'oued El-Amar.

A l'Est du massif de Djinet, les formations volcaniques qui s'étendent entre l'oued Sebaou et Dellys (feuilles de Dellys-Tizi-Ouzou) ont été décrites antérieurement ([6]). Les volcans sous-marins d'âge dellysien couvraient ainsi une surface d'au moins 160 km², le long de la côte, entre Bordj Menaiel et Dellys. Les laves postérieures, d'âge miocène, seront plus riches en silice (rhyolite, dacite, dacitoïde) que celles d'âge dellysien.

([5]) L. GLANGEAUD, *C. R. XIX[e] Congrès géol. intern.*, Alger, 1952 (paru 1954), XV[e] section, fasc. 17, 3[e] partie.

([6]) A. CAILLEUX, *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, 1950, p. 245 ; L. GLANGEAUD, *ibid.*, 1950, p. 259.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Solanacées. Les premiers stades du développement de l'embryon chez le* Physalis peruviana *L.* Note (*) de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

L'embryon du *P. peruviana* appartient à la première période de la classification embryogénique, où il se rattache au mégarchétype V. Par certaines de ces formes octocellulaires, il vient se ranger dans le troisième et, par d'autres, dans le huitième groupe. A la lumière de ces résultats, les conclusions de Bhaduri sur le *Physalis minima* nous apparaissent en partie erronées.

Comme chez les Solanacées étudiées par R. Souèges [1], l'embryon se rattache, chez le *Physalis peruviana*, au mégarchétype V où $cb = co + s$.

La tétrade donnée par l'oospore (*fig.* 1 à 4) appartient à la catégorie C_2. Le cloisonnement de ses cellules *m* et *ci* est toujours transversal, mais, en *cc* et *cd*, les cloisons peuvent être verticales, déterminant la formation de quadrants en deux étages (*fig.* 11), ou horizontales, donnant naissance à quatre cellules disposées en file (*fig.* 12). Par les formes octocellulaires du premier type, le *P. peruviana* appartient au troisième groupe et, par les formes du second type, au huitième groupe de la classification périodique. Le proembryon (*fig.* 20) comprend un suspenseur long et filamenteux et un corps séparé en cinq étages : la partie cotylée *s. lato* en compte deux, une épiphyse et une partie cotylée *s. stricto*; l'hypocotyle, deux également; un dernier étage constitue le primordium de la coiffe. Dans les embryons du huitième groupe, les étages sont constitués dès le stade octocellulaire; les cellules-filles de *cc* sont, l'une à l'origine de l'épiphyse, l'autre de la partie cotylée *s. stricto*; les cellules-filles de *cd* donnent deux étages de l'hypocotyle; la cellule *d* assure la différenciation du primordium de la coiffe (*fig.* 13 et 17). Quand les embryons se rattachent au troisième groupe, les deux cellules situées en *cc* (*fig.* 11 et 14) se cloisonnent de telle sorte qu'elles isolent rapidement vers le haut une cellule épiphysaire (*fig.* 16); les deux éléments situés en *cd* se divisent horizontalement ou à l'aide de parois obliques (*fig.* 14 et 15) produisent deux étages nouveaux d'où dérive encore l'hypocotyle; dans l'étage inférieur, les cellules circumaxiales, entourées par le périblème, se divisent transversalement (*fig.* 19), isolant vers le bas les initiales de l'écorce au sommet radiculaire (*fig.* 20).

Au sujet du *Physalis minima* L., P. N. Bhaduri [2] signale des formes à huit cellules comparables à celles du *P. peruviana*. D'autres formes où les cloisons en *cc* et *cd* sont respectivement verticales et horizontales,

(*) Séance du 9 août 1954.

(1) *Bull. Soc. bot. Fr.*, 69, 1928, p. 163, 236, 353, 555.

(2) *Bot. Gazet.*, 98, 1936-1937, p. 283.

viennent se ranger dans le quatrième groupe de la classification périodique auquel appartiennent déjà certains *Solanum*. Bhaduri décrit quatre types suivant la forme de l'embryon octocellulaire et les destinées des éléments de la tétrade. Les types I et III (troisième et quatrième groupes de la classification de Souèges) appartiennent incontestablement au mégarchétype V.

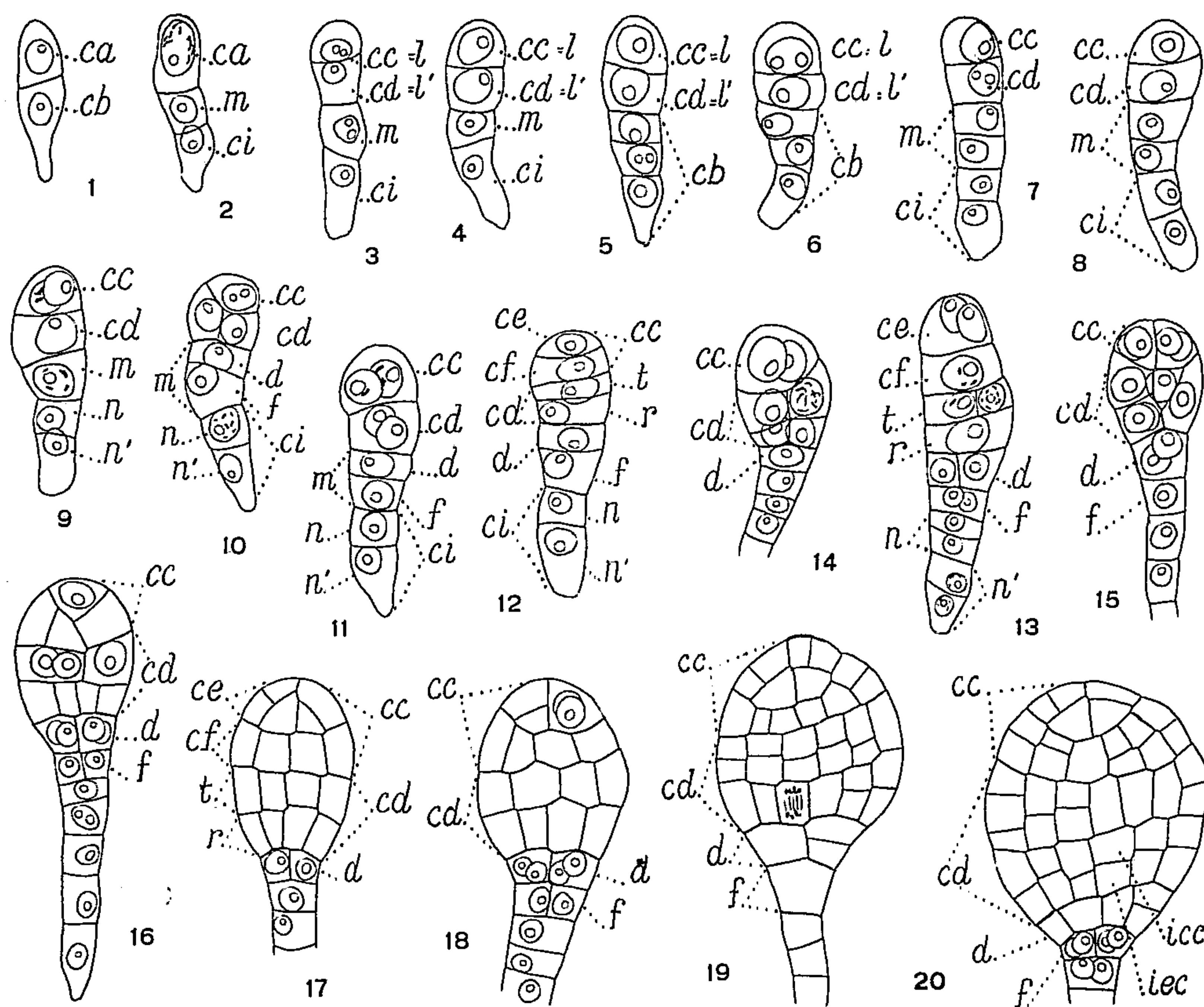


Fig. 1 à 20. — *Physalis peruviana* L. — Les premiers stades du développement de l'embryon. — *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* ou *l*, cellule-fille supérieure et *cd* ou *l'* cellule-fille inférieure de la cellule apicale; *m*, cellule intermédiaire et *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *ce*, cellule-fille de *cc*, donnant l'épicotyle; *cf*, cellule-fille de *cc*, donnant la partie cotylée *s. stricto*; *t*, cellule ou assise de cellules procédant de *cd* et génératrice de la tige hypocotylée; *r*, cellule ou assise cellulaire provenant de *cd* et génératrice de la racine; *d* et *f*, cellules-filles de *m*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *icc*, initiales du cylindre central et *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire. G = 450.

Dans les autres types, les potentialités constructives se condenseraient dans la cellule apicale et l'embryon appartiendrait à la deuxième période. En ce qui concerne le type II, les figures 46 et 52 de Bhaduri sont comparables à celles que je donne en 14 et 17. C'est à tort assurément que le botaniste hindou fait provenir les *iec*, la coiffe et la partie supérieure du suspenseur de la cellule *cd*. Dans le type IV de Bhaduri, il s'agit d'embryons dont

les deux cellules juxtaposées de l'étage *cc* se cloisonnent plus rapidement que les éléments superposés provenant de la cellule *cd*. Tout l'embryon serait issu de l'étage *cc* à l'exception des *iec*. En réalité, les figures 47, 48 et 49, sur lesquelles s'appuie sa démonstration, font assister à la différenciation, aux dépens de l'étage *cc*, de quatre éléments disposés en tétraèdre; l'un, au sommet, joue assurément un rôle épiphysaire. Dans la figure 51 de Bhaduri, on retrouve finalement les quatre étages habituellement fournis par *cc* et *cd*. Le type IV de Bhaduri se rattache donc tout simplement au mégarchétype V et au quatrième groupe de la classification embryogénique.

En conclusion, l'embryon des *Physalis* appartiendrait toujours au même mégarchétype, mais, par ses formes octocellulaires, il se répartit dans plusieurs groupes de la classification périodique, comme cela s'observe chez le *Solanum sysimbrifolium* Lam. décrit par Souèges en 1922 (¹).

PHYSIOLOGIE. — *L'incrément thermique critique de la respiration* in vitro *de tissu rénal de Hamster ordinaire* (Cricetus cricetus) *réveillé en été et en sommeil en hiver*. Note (*) de M. **Charles Kayser**, transmise par M. André Mayer.

Nous avons pu montrer dans une Note précédente (¹) qu'il existait une différence entre l'activation par la température de la respiration de coupes de tissu rénal de Hamster (*Cricetus cricetus*) et de Rat blanc (souche Commentry).

Avec la même technique [mesure dans l'appareil de Warburg (²) de la consommation d'oxygène de coupes de tissu rénal effectuées avec le microtome de Herbain (³), en suspension dans du liquide II de Krebs (⁴), sans adjonction de fumarates, pyruvates et lactates], nous avons pu montrer que l'effet de la température chez le Hamster était différent selon que les coupes provenaient d'animaux sacrifiés à l'état de réveil en été ou d'animaux sacrifiés en plein sommeil hivernal. Les résultats expérimentaux sont représentés sur le tableau suivant.

Si nous calculons l'incrément thermique critique (⁵), (⁶) pour ces valeurs, nous obtenons en été pour le tissu frais la valeur de 11 151 ($N = 20$, $r = 0{,}991$, $b = 2\,424{,}2$). La valeur correspondante pour la consommation d'oxygène ramenée au poids sec est de 11 761,2 ($N = 20$, $r = 0{,}988$, $b = 2\,556{,}8$).

(*) Séance du 19 juillet 1954.

(¹) Ch. Kayser, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 514.

(²) *Métabolisme cellulaire et métabolisme des tumeurs*. 2 vol. (trad. Aubel et Genevois), Alcan, Paris, 1928.

(³) M. Herbain, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 33, 1950, p. 1062-1066.

(⁴) H. A. Krebs, *Biochem. et Biophys. Acta*, 4, 1950, p. 249-269.

(⁵) Sv. Arrhenius, *Ergebn. Physiol.*, 7, 1908, p. 480-551.

(⁶) W. J. Crozier, *J. gen. Physiol.*, 7, 1925, p. 123-126.

Consommation d'oxygène de coupes de rein de Hamsters (Cricetus cricetus) *sacrifiés en été en état d'activité et en hiver à l'état de sommeil.*

	Hamsters d'été réveillés.					*Hamsters d'hiver en sommeil.*			
	O_2 consommé en mm³ par mg de					O_2 consommé en mm³ par mg de			
Température (°C).	tissu frais.	tissu sec.	Poids des animaux (g).	Nombre de mesures.	Température (°C).	tissu frais.	tissu sec.	Poids des animaux (g).	Nombre de mesures
38....	2,151	16,038	245	2	38....	1,907	14,144	220	1
36....	1,952	12,870	240	1					
34....	1,869	14,467	220	1	34....	1,620	11,371	210	2
30....	1,570	10,644	305	2	30....	1,322	9,857	260	1
26....	1,225	7,600	230	1	26....	1,258	7,992	210	1
23....	0,896	6,246	235	2	23....	0,875	6,144	240	2
20....	0,818	5,005	225	2	20....	0,664	4,848	210	1
18....	0,727	4,586	380	1	18....	0,536	4,060	170	1
15....	0,528	3,232	285	2	15....	0,421	2,844	260	1
10....	0,391	2,669	270	1	10....	0,272	2,147	240	2
8....	0,377	2,427	200	2	8....	0,261	1,810	250	1
7....	0,257	1,509	230	1	7....	0,249	1,845	220	1
5....	0,269	1,786	240	1					

En hiver, on trouve pour l'incrément thermique critique de coupes de rein prélevées sur des animaux en sommeil 11 768 ($N = 16$, $r = 0,996$, $b = 2 558$) pour le tissu frais et pour le poids sec 12 221 ($N = 14$, $r = 0,991$, $b = 2 656,8$). Le calcul du test t des pentes entre les valeurs de l'hiver et celles de l'été ne donne pas de différence significative. Ainsi l'effet de la température ne modifie pas l'activation de la respiration d'une façon différente.

Par contre, il résulte des chiffres que l'ensemble des valeurs obtenues en été est supérieur à celles obtenues aux mêmes températures en hiver à l'état de sommeil. En calculant le test t de covariance des deux courbes, on trouve pour t la valeur de 2,903. Cette valeur est très hautement significative, $p < 0,01$.

Nous retrouvons dans le cas de la respiration de coupes de tissu rénal ce que nous avions constaté sur les échanges de la Chauve-Souris, immobile, en été et en hiver ([7]). Sur cet organisme entier nous avions pu voir que les échanges suivaient la loi de Van't Hoff-Arrhenius en été et en hiver; mais l'ensemble des points expérimentaux d'été se plaçaient au-dessus des points obtenus aux températures correspondantes en hiver.

Tandis que nous avons échoué dans les tentatives faites pour déceler une différence entre la température léthale en hypothermie chez l'animal curarisé en hiver ou en été, ou entre la température critique de la disparition des ondes cérébrales, nous avons réussi dans ces recherches *in vitro* à mettre en évidence

([7]) Ch. Kayser, *Mammalia*, 14, 1950, p. 105-125.

une différence entre l'effet de la température sur la respiration d'un tissu d'organe provenant ou d'un animal réveillé en été ou endormi en hiver.

Conclusion. — La consommation d'oxygène mesurée à l'aide de la méthode de Warburg de coupes de tissu rénal de Hamster d'été ou d'hiver en sommeil est supérieure à toutes les températures entre 38° C et 7° C dans le cas de tissus provenant d'animaux d'été. L'incrément thermique critique, par contre, ne présente pas de différence significative dans les deux séries d'expérience.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur la toxicité du tétraméthylstannane et du tétraéthylstannane*. Note de MM. **Fernand Caujolle**, **Michel Lesbre** et Mlle **Denise Meynier**, transmise par M. Léon Binet.

L'étain, les oxydes stanneux et stanniques sont réputés inoffensifs; néanmoins parmi les composés covalents de l'étain, Paneth (1) avait signalé en 1924 la haute toxicité du stannane SnH_4. Cette donnée nous a incités à étudier systématiquement l'agressivité des stannanes organiques de structure SnR_4, où R désigne des radicaux alcoyls; d'ailleurs en 1929, un brevet de l'I. G. signalait les propriétés insecticides de certains de ces dérivés.

La meilleure méthode pour préparer ces composés à une échelle réduite est celle de Krause et von Grosse (2), selon la réaction :

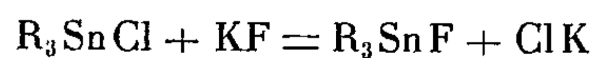


$$SnCl_4 + 4RMgX = R_4Sn + 2Cl_2Mg + 2X_2Mg.$$

Pour le premier terme, la préparation est délicate en raison de la formation d'un azéotrope entre l'éther et le stannane. Nous avons suivi exactement le procédé de l'Ethyl Gazoline Corp (3).

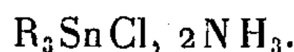
Les produits bruts contiennent un peu de dérivé monochloré que la distillation fractionnée ne suffit pas à éliminer complètement. Étant donné la très haute toxicité de ces dérivés dissymétriques, il est indispensable de procéder à une purification très soignée. A cet effet nous avons conjugué les deux méthodes suivantes : (4)

a. Formation d'un monofluorure de trialcoylétain insoluble dans l'eau, par la réaction :



$$R_3SnCl + KF = R_3SnF + ClK$$

b. Précipitation par l'ammoniac anhydre, en phase éthérée, de dérivés d'addition insoluble :



$$R_3SnCl, 2NH_3.$$

Voici les constantes physiques des stannanes très purs (test des halogènes négatifs) que nous avons utilisés :

---

(1) F. Paneth, W. Haken et E. Rabinowitsch, *Ber. dtsch. Chem. Ges.*, 57, 1924, p. 189.

(2) *Die Chemie der Metallorganischen Verbindungen*, Berlin, 1937, p. 315.

(3) G. Calingaert, *J. of Amer. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 540.

(4) M. Lesbre et R. Dupont, *C. R. Congrès Soc. sav.*, 1953, p. 430.

Méthylstannane : É. 76°5/760 mm $n_D = 1,4418$ à 20° $d_4^{25} = 1,2886$

Éthylstannane : É. 78°/13 mm $n_D = 1,4716$ à 20° $d_4^{18} = 1,1981$

Le dosage de l'étain a été effectué par la méthode de H. Gilman et W. B. King (5), le carbone et l'hydrogène ont été déterminés en semimicro par le procédé de combustion catalytique sur vanadate d'argent (6).

La toxicité du tétraméthylstannane et du tétraéthylstannane a été étudiée sur la Souris blanche, mâle ou femelle non gravide, de 18 ± 2 g; les animaux sélectionnés ont été régulièrement observés dans les semaines précédant les essais (courbe pondérale). Les stannanes ont été injectés par voie intrapéritonéale, soit purs (pour les fortes doses), soit émulsionnés dans des solutions à 1 °/₀₀ de tween 20; la dilution à 1 °/₀₀ de tween 20 avait été préalablement reconnue inoffensive pour la Souris dans les conditions expérimentales réalisées. Chaque essai a porté sur des lots homogènes de dix ou vingt souris, seule la quantité de stannanes dont nous disposions a limité l'importance numérique des lots d'animaux éprouvés.

Les résultats obtenus sont réunis dans le tableau ci-après :

Nature du tétraalcoylstannane (quantités injectées en mM/kg).		Pourcentage de mortalité après : heures								jours									
		1/2.	1.	2.	3.	4.	6.	12.	24.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	30.
Tétraméthylstannane	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	30
	0,05	0	0	0	0	0	0	0	10	10	20	20	20	40	40	40	40	40	80
	0,10	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	40	40	40	40	40	50	70	70
	0,50	0	0	0	0	0	0	0	40	50	50	50	90	90	90	90	90	90	100
	1	0	0	0	0	0	10	10	50	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	4	0	0	0	0	0	10	20	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	8	0	0	0	0	0	0	20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	10	0	0	0	0	0	0	10	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	20	0	0	0	0	0	0	20	100										
	40	0	0	0	0	0	10	20	100										
	80	0	0	50	70	70	100	100	100										
Tétraéthylstannane	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,03	0	0	0	0	0	0	10	10	10	20	20	20	20	30	30	30	30	30
	0,05	0	0	0	0	0	0	10	10	20	20	30	30	30	30	30	30	30	40
	0,10	0	0	0	0	0	0	0	20	20	30	30	40	40	40	40	50	50	50
	0,30	0	0	0	0	0	0	10	30	30	30	30	30	70	70	70	70	70	70
	0,50	0	0	0	0	0	0	20	30	30	40	50	50	100	100	100	100	100	100
	1	0	0	0	0	0	0	0	50	80	80	100	100	100	100	100	100	100	100
	2	0	0	0	0	0	0	60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	4	0	0	30	30	30	100	100	100										
	8	0	0	30	40	40	100	100	100										
	10	0	0	60	90	100	100	100	100										
	20	30	100	100	100	100	100	100	100										
	40	100	100	100	100	100	100	100	100										

(5) *J. of Amer. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 1213.

(6) M. Lesbre et D. Colaitis, *Bull. Soc. chim. Fr.*, 19, 1952, p. 1078.

Ces résultats mettent en lumière :

1° la forte toxicité du tétraméthyl et du tétraéthylstannane;

2° la disproportion considérable entre les quantités rapidement mortelles et les quantités déterminant une mort différée.

AÉROSOLOGIE. — *Sur la définition du taux de recyclage des solutions médicamenteuses aérosolisées.* Note (*) de M. **Raymond Boucher** et Mlle **Germaine Lenoble**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons souligné le fait que parmi les générateurs d'aérosols médicaux certains appareils présentent un coefficient de reflux α extrêmement élevé. Du point de vue thérapeutique cela peut entraîner des conséquences importantes puisque l'on observe souvent dans les aérosols de fin d'émission des concentrations très élevées de produits médicamenteux ([2]). La plupart des liquides administrés dans les voies respiratoires sous forme d'aérosols sont constitués en effet par des solutions de produits à propriétés pharmacodynamiques. Lors du retour de certaines microgouttelettes (celles supérieures à 5 μ en général) vers le récipient contenant les produits à aérosoliser, il peut se produire une évaporation préférentielle d'un ou de plusieurs des solvants constituant la solution. On peut constater aussi une oxydation ou une destruction de certains composés à propriétés thérapeutiques. Le brassage mécanique intense observé dans certains appareils peut également rompre ou altérer l'équilibre de certaines solutions colloïdales. Nous nous bornerons à rappeler, à titre d'exemple, les graves accidents de tachycardie que l'on observe lors d'inhalations de solutions trop concentrées de sympathicomimétiques tels que l'aleudrine ([3]).

Il nous est donc paru utile de caractériser les appareils d'aérosolthérapie non seulement par leur tendance au reflux (coefficient α) mais par leur facilité à recycler un grand nombre de fois certaines fractions du liquide déjà passées dans la tête d'atomisation ([4]) (ou de pulvérisation).

Pour cela nous appelons :

A (en cm^3) le volume initial du liquide destiné à être aérosolisé.

D (en cm^3/mn) le débit de liquide au travers de la tête d'atomisation.

α le coefficient de reflux de la colonne utilisée.

(*) Séance du 9 août 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 516.

([2]) Sur des solutions de sérum physiologique isotonique (9 ‰), Mme Panouse-Perrin a détecté par analyse chimique avec l'appareil A II une reconcentration en ClNa de l'ordre de 25 % après une séance d'aérosolisation de 30 mn.

([3]) A. Biron, *Précis d'Aérosolthérapie*, Le François, éd. 1950, p. 32-33.

([4]) Les mots « atomisation » et « pulvérisation » ont dans nos diverses Notes le sens donné à ces termes par G. Littaye dans la Note technique n° 19 du G. R. A (1945).

Les A cm³ originaux passent complètement en principe au travers de la tête d'atomisation en A/D minutes. Sur cette quantité $A(1-\alpha)$cm³ sont émis hors de la colonne sous forme d'aérosols tandis que $A\alpha$ sont reflués. Ces $A\alpha$cm³ seront réaspirés une deuxième fois au travers de la tête d'atomisation en $A\alpha/D$ minutes et $A\alpha^2$cm³ sont alors reflués et recyclés une troisième fois et ainsi de suite. Au bout du temps t, les microgouttelettes émises par la colonne proviennent d'un $n^{\text{ième}}$ recyclage du liquide introduit au temps o et le volume restant dans le godet d'émission est $A\alpha^n$(en cm³). Si l'on désigne par a le rapport entre le volume restant au temps t et le volume du liquide initial on constate que

$$\alpha^n = a,$$

d'où le taux de recyclage n de la solution après un temps t de fonctionnement de l'appareil

$$n = \frac{\log a}{\log \alpha}.$$

Si d'autre part l'on désigne par d le volume de liquide aérosolisé chaque minute (en cm³) par la colonne on voit que

$$a = \frac{A - dt}{A} \qquad \text{et} \qquad n = \frac{\log\left(1 - d\frac{t}{A}\right)}{\log \alpha}.$$

Parmi ces variables, seuls α et d dépendent du facteur constructif du système colonne-compresseur. Nous adoptons dans notre raisonnement l'hypothèse d'une constance de α en fonction du temps d'aérosolisation ([5]). Par conséquent sous certaines conditions (t et A étant donnés) il existe pour chaque appareil d'aérosolthérapie un taux de recyclage bien précis que l'on peut aisément déterminer. Voici par exemple les résultats obtenus avec trois générateurs déjà décrits dans une précédente Note

Liquide aérosolisé.	type d'appareil.	Coefficient. de reflux α.	d (cm³/mn).	Conditions initiales.	Taux de recyclage (valeur moyenne) n.
Alcool éthylique 95° B rectifié	A I	0,970	1,22	t = 12 mn 30 s	46
	A II	0,949	0,93	A = 20 cm³	17
	B III	0,746	0,38		<1
Eau distillée	A I	0,994	0,24	t = 20 mn	108
	A II	0,994	0,27	A = 10 cm³	129
	B III	0,900	0,09		<2
Goménol en solution aqueuse à 20 %	A I	0,983	0,37	t = 20 mn	78
	A II	0,980	0,27	A = 10 cm³	38
	B III	0,863	0,12		<2

([5]) En dehors du temps d'émission dont α peut éventuellement dépendre, soulignons que le coefficient de reflux est une fonction de la tension superficielle, de la viscosité du liquide et de la vitesse relative de l'air et du liquide à « *vena contracta* ».

En conclusion, on peut dire qu'un générateur d'aérosolthérapie sera d'autant plus intéressant que *n* sera plus faible car les risques d'altération et de reconcentration des solutions médicamenteuses tendront alors vers un minimum.

La séance est levée à 15 h 25.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 28 juin 1954.)

Page 2584, 28e ligne, *au lieu de* **Jacques Vallet**, *lire* **Georges Vallet**.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 AOUT 1954.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie le décès de M. **ANDRÉ DONATIEN**, Correspondant pour la Section d'Économie rurale, survenu à Toulouse (Haute-Garonne), le 10 août 1954.

M. **GASTON JULIA** signale à l'Académie la présence de M. **WILLIAM VERMILLION HOUSTON**, Professeur de physique théorique, Président du Rice Institute à Houston (Texas). Il lui souhaite la bienvenue et l'invite à prendre part à la séance.

TOPOLOGIE PLANE. — *Les couples de continus joints dans le plan.* I. Note de M. ARNAUD DENJOY.

Lemmes et études préliminaires à la démonstration, donnée ici pour $p=1$, de ce théorème : dans un plan, C et C′ étant deux continus dont l'ensemble commun Γ se décompose en p continus (ou points) disjoints, si C — Γ est dans une région R′ de C′ et C′ — Γ dans une région R de C (en outre, pour $p=1$, C — Γ et C′ — Γ sont dans une même région de Γ), R.R′ forme p régions disjointes.

Nous nous proposons de démontrer ce théorème :

C *et* C′ *étant deux continus dans un plan* U_2, *si :* 1° *leur ensemble commun* $\Gamma = C.C'$ *forme p continus* (ou points) Γ_i *disjoints;* 2° C — Γ *est dans une région* R′ *de* C′, *et* C′ — Γ *dans une région* R *de* C (pour $p=1$, il faut ajouter que C — Γ et C′ — Γ existent et sont dans la même région ρ de Γ, qui est un continu), avec ces hypothèses, *l'ensemble* R.R′ *existe et se compose de p régions disjointes.*

J'ai donné ce théorème en 1911 (1) pour les cas $p=1$ et $p=2$.

Depuis, j'ai souvent affirmé sa vraisemblance dans le cas le plus général ($p \geqq 3$).

---

(1) *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 423 et 493.

Ma démonstration de 1911 s'inspirait des résultats contenus dans ma Note de 1910 ([2]). Mes raisonnements, simples mais laborieux ne paraissaient pas pouvoir s'étendre au cas général.

J'adopte ces définitions et notations : *Région* = ouvert connexe. *Domaine* = Région + sa frontière. $\underline{D}$ = *intérieur* de D. Région d'un ensemble fermé F = une des régions disjointes constituant le complémentaire de F. Si P est un polygone (toujours dirigé), $(P)^+$ et $(P)^-$ sont ses deux régions. Si a et b sont deux points de P, (ab, P) = arc *direct* ab de P; $(ab, P) + (ba, P) = P$; $(aPa) = P$ parcouru de a en a dans le sens *direct*.

Ligne = ligne brisée (réductible à être simple). Si l non close n'est pas dirigée, (ab, l) est l'arc ab de l parcouru de a en b. Si l et l' *dirigées* coïncident et sont de sens opposés, $l' = -l$; $l' + l = 0$. Les *continus*, généralement les ensembles *fermés*, sont supposés *bornés*.

c ou $(\alpha\beta)$ = *chaîne* d'un nombre fini de points, α le premier, β le dernier; $\bar{c}$ ou $\overline{\alpha\beta}$ = la ligne brisée joignant les sommets successifs; *pas* de c = la plus grande distance de deux points consécutifs; c *irréductible* = la suppression d'un seul point de c augmente le pas; $\bar{c}$ est alors *simple*.

$Q(\delta)$ = un *quadrillage* du plan en carrés de côté δ. Si R est une région de frontière f (bornée) : $D(R, \delta)$ = domaine *inextensible* formé de carrés (fermés) de $Q(\delta)$ situés dans R; $\chi(f, \delta)$ = cycles-frontières de $D(R, f)$. Les carrés joints à $\chi(R, \delta)$ du côté positif sont dans R; ceux du côté négatif sont joints à f. *Si f est continu, la frontière $\varpi(f, \delta)$ de* $D(R, \delta)$ *est un polygone simple unique.*

Remarques. — 1° *Si $p(\geqq 2)$ continus disjoints Γ_i sont tels qu'une région ρ_i de Γ_i contient tous les autres Γ_j, l'ensemble $\Pi\rho_i = \rho$ existe et constitue une région unique.*

Les points de ρ_i infiniment voisins de Γ_i sont dans ρ. Si les Γ_i sont des polygones, la démonstration que ρ est une région est immédiate, On ramène ainsi le cas général à celui-là. A et B étant deux points de ρ, $d > 0$ existe, inférieur à la distance à Γ_i de lignes joignant, dans ρ_i, A et B à $\Gamma_j (j \neq i)$, et aussi à la distance (Γ_j, Γ_i), quels que soient i et j. Dans un quadrillage de côté δ si $4\delta < d$, $D(\rho_i, \delta)$ contenant A a pour frontière ϖ_i, $(\varpi_i)^+$ contenant A, B et les ϖ_j.

2. I *étant un point de* C-Γ *et* J *un point de* C′-Γ, *si* I *et* J *sont sur une ligne l disjointe de* Γ, RR′ *contient au moins un arc-intervalle* (ab, l), *a étant sur* C, *b sur* C′. Si l est un polygone, RR′ contient deux arcs-intervalles (ab, P), $(b'a', P)$, a, a' étant sur C et b, b' sur C′.

ab est dans R comme b, dans R′ comme a ; ab disjoint de C + C′ est dans RR′.

([2]) *Comptes rendus*, 151, 1910, p. 138. Je suis revenu sur ces questions en 1950 (*Comptes rendus*, 230, 1950, p. 693, 797 et 885). Avec les extensions aux espaces à plus de deux dimensions, on trouvera là ma démonstration du théorème fondamental des espaces biconnexes. Elle s'applique sans changement à l'énoncé le plus général :

Si E *et* E′ *sont deux ensembles complémentaires dans l'espace biconnexe* U, *si* A *et* B *sont deux continus* (uniconnexes) *de* U *situés l'un et l'autre à distance nulle de* E *et de* E′, *si* A *et* B *sont joints par deux continus* C *et* C′, *tout point de* C *étant à distance nulle de* E, *tout point de* C′ *étant à distance nulle de* E′, avec ces hypothèses, *la frontière commune de* E *et de* E′ *est uniconnexe entre* A *et* B.

LEMME I. — Par hypothèse : 1° *deux points* A *et* B *sont liés par deux lignes brisées simples disjointes* (sauf en A et en B) L *et* L′, *dont la réunion forme le polygone* P (L direct, suivi de L′ rétrograde) ; 2° *dans la fermeture d'une région de* P, *par exemple* $(P)^+ + P$, *sont deux ensembles fermés* F *et* F′ *disjoints d'une part entre eux, d'autre part* F *de* L, F′ *de* L′. Conclusion : A *peut être joint à* B *par une ligne située dans* $(P)^+$ (sauf en ses points extrêmes) *et disjointe de* $F + F'$.

Soit $4\delta > 0$ inférieur aux distances : 1° de deux côtés non consécutifs quelconques de P ; 2° de $L + F'$ à F ; 3° de $L' + F$ à F′. Dans un $Q(\delta)$ soit $\varphi = \varpi(P, \delta)$ la frontière de $D(P^+, \delta)$; φ parcouru dans le sens direct rencontre les bissectrices intérieures de P^+ en A et B, respectivement en un premier point α, en un dernier point β. Une région r de $P + F$ contient $(\alpha\beta, \varphi)$. Un cycle frontière ψ de $D(r, \delta)$ coïncide avec φ sur la totalité de $(\alpha\beta, \varphi)$. Soit $\gamma = (\beta\alpha, \psi)$; γ est disjoint de $L' + F$, mais distant de moins de $\delta\sqrt{2}$ de $L' + F$, donc disjoint de F′; γ est dans P^+ et disjoint de $F + F'$. Complété par $A\alpha$, $B\beta$, il réalise la ligne annoncée.

LEMME II. — Par hypothèse : A *et* B *sont deux points d'une région* $(S)^+$ *d'un polygone* S ; *dans* $(S^+) + S$ *sont deux ensembles fermés disjoints* F *et* F′ ; A *est lié à* B *dans* $(S)^+$ *par deux lignes simples*, Λ *disjointe de* F, Λ′ *disjointe de* F′. Conclusion : A *peut être joint à* B *dans* $(S)^+$ *par une ligne disjointe de* $F + F'$.

Λ parcouru de A vers B rencontre Λ′ en un premier point A_1 (qui peut être B); $(AA_1, \Lambda) + (A_1A, \Lambda')$ est un polygone simple P_1 situé dans $(S)^+$, qui contient une région de P_1, par exemple $(P_1)^+$; dans $(P_1)^+$, donc dans $(S)^+$, A peut être joint à A_1 par une ligne λ_1 disjointe de $F + F'$ (lemme I). Dans Λ et Λ′ on remplace les arcs AA_1 par λ_1, et aux arcs (A_1B, λ), (A_1B, Λ') on applique le même raisonnement, etc.

DÉMONSTRATION POUR $p = 1$. — Soit ρ la région de Γ contenant $C - \Gamma$ et $C' - \Gamma$.

Si I est dans $C - \Gamma$ et J dans $C' - \Gamma$; I et J peuvent être joints dans ρ par une ligne l; l contient un arc-intervalle dans R.R′, qui *existe* donc.

R.R′ est *une région*. Soient A et B deux points quelconques de R.R′. On peut les relier dans R par une ligne L, dans R′ par une ligne L′; $L + L'$, disjoint de $C.C' = \Gamma$ est dans ρ comme A et B. Soit 4δ inférieur à la distance de $L + L'$ à Γ. Dans un $Q(\delta)$, un domaine $D(\rho, \delta)$, contient A, donc $L + L'$; Γ étant continu, $\varpi(\Gamma, \delta) = \varpi$, frontière de $D(\rho, \delta)$ est un polygone; $L + L'$ est dans $(\varpi)^+$, Γ dans $(\varpi)^-$; $C.D(\rho, \delta) = F$ et $C'.D(\rho, \delta) = F'$ sont fermés, disjoints entre eux et F de L, F′ de L′. Dans $(\varpi)^+$, A peut être joint à B par une ligne disjointe de $F + F'$, soit de $C + C'$ (lemme II), donc incluse dans R.R′.

La condition que $C - \Gamma$ et $C' - \Gamma$ supposés existants sont dans la même région de Γ ne peut pas être omise. Si Γ est une circonférence et si $C - \Gamma \subset \Gamma^-$, $C' - \Gamma \subset \Gamma^+$, Γ^+ est la région R de C, Γ^- la région R′ de C′; R.R′ n'existe pas.

ÉTUDE DU CAS GÉNÉRAL ($p \geqq 2$). — $C.C' = \Gamma = \Sigma\Gamma_i$, les p continus étant disjoints.

1° *Une même région* ρ_i *de* Γ_i *contient* R, R′ *et les autres* Γ_j.

C contenant Γ, R région de C est incluse dans une région ρ_i de Γ_i; R ayant des points (ceux de $C'-\Gamma$) infiniment voisins de Γ_i, Γ_j est dans ρ_i; la région de Γ_i contenant R′ se confond donc avec ρ_i.

Les Γ_i étant disjoints, $\rho = \Pi\rho_i$ *est une région, contenant* R et R′.

2° *Le nombre* δ_0. — Si $p=2$, soit d_0 la distance de Γ_1 et de Γ_2. Si $p \geqq 3$, soit $\lambda^i_{j,k}$ joignant Γ_j et Γ_k dans ρ_i $(j \neq k \neq i)$, et d^i la distance de $\Sigma\Gamma_j + \sum_{j,k}\lambda^i_{j,k}$ à Γ_i (d^i peut atteindre son maximum); d_0 est la plus petite des d^i et $4\delta_0 = d_0$.

Le polygone ϖ^0_i. — C'est $\varpi(\Gamma_i, \delta_0)$ relativement à un $Q(\delta_0)$, $(\varpi^0_i)^+$ contenant un point d'un Γ_j, et dès lors tous les $\Gamma_j (j \neq i)$; $(\varpi^0_i)^-$ contient Γ_i; ϖ^0_i *contient au moins deux arcs-intervalles* (directs) $a_i b_i$, $b'_i a'_i$ *appartenant à* R.R′ (qui existe donc), a_i *et* a'_i *étant sur* C, b_i *et* b'_i *sur* C′; $D(\rho, \delta_0)$ désignera particulièrement $\Sigma\varpi^0_i + \Pi(\varpi^0_i)^+$.

L'inversion géométrique du plan par rapport à un point de $a_i b_i$ fait de R, R′, ρ_i, ρ les régions infinies de C, C′, Γ_i, Γ. Supposons cette condition préalablement réalisée. Un carré V de côté $2^q\delta_0$ (q entier) contient C et C′. Nous nous limitons aux quadrillages de côté $\delta = 2^{-m}\delta_0$ (m entier), subdivisant V en carrés égaux.

Si à C et à C′ nous ajoutons leurs régions finies, C, C′, les Γ_i deviennent des continus *ne divisant pas le plan*. Cette restriction n'ajoute donc rien à l'hypothèse générale (qu'elle simplifie pour $p=1$).

Le nombre ε_0. — $4\varepsilon_0$ est la distance des deux ensembles fermés disjoints $C.D(\rho, \delta_0)$ et $C'.D(\rho, \delta_0)$. Les diamètres des $a_i b_i$, etc. valent au moins $4\varepsilon_0$. Ils sont en nombre fini.

Les points t_i, t'_i *et le nombre* d'_0. — Sur $a_i b_i$, sur $b'_i a'_i$ respectivement, t_i, t'_i sont les points dont la distance à $C + C'$ est la plus grande; d'_0 sera la plus petite de ces distances $(d'_0 \leqq \delta_0\sqrt{2})$.

Le nombre δ'_0. — C'est parmi les $\delta_0 . 2^{-m}$ le plus grand vérifiant $4\delta'_0 \leqq d'_0$ $(\delta'_0 \leqq \delta_0/4)$; δ'_0 *surpassera ci-après tous les* δ *utilisés. Les arcs intervalles* $a_i b_i, \ldots, b'_i a'_i, \ldots$ *seront dès lors tous englobés partiellement dans des domaines* $D(R.R', \delta)$.

Le nombre τ_0. — C'est la plus petite des distances des arcs $a_i t_i$, $t'_i a'_i$ à C′, des arcs $t_i b_i$, $b'_i t'_i$ à $C (1 \leqq i \leqq p)$.

Soient c ou $(\alpha\beta)$ une chaîne de points de C, c' ou $(\alpha'\beta')$ une chaîne de points de C′, $\bar{c}$ et $\bar{c}'$ étant simples, α et α' dans $(\varpi^0_i)^-$, β et β' dans $(\varpi^0_i)^+$, les pas de c et de c' étant inférieurs à ε_0 et à τ_0.

[La distance de $\bar{c}$ à $\bar{c}'$ dans $D(\rho, \delta_0)$ surpasse $3\varepsilon_0$]. Soient z et z' les premiers points de ϖ^0_i rencontrés sur $\bar{c}$ et $\bar{c}'$ à partir de α et de α', ζ et ζ' les derniers sommets de $\bar{c}$, de $\bar{c}'$, avant z, z'. *Les arcs* (zz', ϖ^0_i), $(z'z, \varpi^0_i)$ *contiennent respectivement tous les* t_i *d'un* $a_i b_i$ *et tous les* t'_i *d'un* $b'_i a'_i$ (ces deux arcs zz' complétés par les segments ζz, $\zeta' z'$, font des lignes renfermant un arc-intervalle uv ou $v'u'$ dans R.R′, u, u' étant sur C et v, v' sur C′). *Ces deux arcs seront englobés au moins partiellement dans des domaines* $D(R.R', \delta)$, pour $\delta < \delta'_0$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Justification, du point de vue de la théorie de la double solution, de la Mécanique ondulatoire des systèmes dans l'espace de configuration.* Note (*) de M. **Louis de Broglie.**

Reprenant une méthode développée dans une Note précédente ([1]) et l'étendant au delà des limites de l'optique géométrique, nous justifions, du point de vue de la théorie de la double solution, l'emploi de la Mécanique ondulatoire des systèmes dans l'espace de configuration dans le cas de deux corpuscules en interaction quand on peut séparer le mouvement relatif du mouvement du centre de gravité.

Reprenons d'abord le cas d'un système *isolé* formé de deux corpuscules en interaction et écrivons l'équation de propagation de son onde Ψ dans l'espace de configuration

$$(1)\quad \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\Psi}{\partial t}=-\frac{h^2}{8\pi^2 m_1}\left(\frac{\partial^2\Psi}{\partial x_1^2}+\frac{\partial^2\Psi}{\partial y_1^2}+\frac{\partial^2\Psi}{\partial z_1^2}\right)-\frac{h^2}{8\pi^2 m_2}\left(\frac{\partial^2\Psi}{\partial x_2^2}+\frac{\partial^2\Psi}{\partial y_2^2}+\frac{\partial\Psi}{\partial z_2^2}\right)+\mathrm{V}(r).$$

Si l'on exprime Ψ sous la forme $a(x_1\ldots z_2,\, t)e^{2\pi i/h\,\varphi(x_1\ldots z_2,\, t)}$, la grandeur $\mathrm{E}=(\partial\varphi/\partial t)$ devra être l'énergie constante du système. Du point de vue de la double solution, les corpuscules doivent être bien localisés et décrire dans l'espace physique à trois dimensions des trajectoires corrélées L_1 et L_2 représentées dans l'espace de configuration par la trajectoire L du point représentatif qui est l'une des courbes orthogonales aux surfaces $\varphi=$ const. Les mouvements des corpuscules sur les trajectoires L_1 et L_2 de l'espace physique seraient donnés par les formules de guidage.

$$(2)\qquad \vec{v}_1=-\frac{1}{m_1}\overrightarrow{\mathrm{grad}_1}\,\varphi,\qquad \vec{v}_2=-\frac{1}{m_2}\overrightarrow{\mathrm{grad}_2}\,\varphi.$$

Ainsi la représentation dans l'espace de configuration ferait toujours correspondre à la phase φ l'ensemble des mouvements corrélés d'une même classe.

Comme dans notre Note précédente, nous allons introduire les mouvements relatifs de chacun des corpuscules par rapport à l'autre. On démontre aisément que, dans le système non galiléen lié à l'un des corpuscules, on a pour l'onde Ψ l'équation de propagation

$$(3)\qquad \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\Psi^*}{\partial t}=-\frac{h^2}{8\pi^2\mu}\left(\frac{\partial^2\Psi^*}{\partial x^{*2}}+\frac{\partial^2\Psi^*}{\partial y^{*2}}+\frac{\partial^2\Psi^*}{\partial z^{*2}}\right)+\mathrm{V}(r)$$

où μ est la masse réduite $m_1 m_2/m_1+m_2$ et où l'astérisque indique qu'une grandeur est évaluée dans le système relatif.

Quelle doit être, du point de vue de la double solution, l'équation de propa-

(*) Séance du 18 août 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p 521.

gation (en dehors de la région singulière) de l'onde u du corpuscule 1 dans le système de référence lié au corpuscule 2 ? Si nous l'écrivons sous la forme

$$u_1^*(x^*, y^*, z^*, t) = a_1^*(x^*, y^*, z^*, t)\, e^{\frac{2\pi i}{h}\varphi_1^*(x^*,y^*,z^*,t)} \tag{4}$$

nous savons qu'à l'approximation de l'optique géométrique, nous aurions $\varphi_1^* = S_1^*$ et que nous devrions retrouver l'équation (6) de la Note précédente Ceci nous conduit à écrire comme équation de propagation de u_1^* dans le système relatif

$$\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial u_1^*}{\partial t} = -\frac{h^2}{8\pi^2\mu}\left(\frac{\partial^2 u_1^*}{dx^{*2}} + \frac{\partial^2 u_1^*}{\partial y^{*2}} + \frac{\partial^2 u_1^*}{\partial z^{*2}}\right) + V(r) \tag{5}$$

Le mouvement s'effectuera suivant l'une des courbes orthogonales aux surfaces $\varphi_1^* =$ const. avec la vitesse

$$\vec{v}_1^* = -\frac{1}{\mu}\overrightarrow{\text{grad}^*}\varphi_1^*. \tag{6}$$

Comme dans le cas correspondant de la Mécanique classique, toute l'énergie du système se trouvera reportée sur le corpuscule 1 et $E_1^* = \partial\varphi_1^*/\partial t$ sera égale à l'énergie constante E du système.

Naturellement, si nous avions pris comme origine des coordonnées du système relatif le corpuscule 1, nous aurions dû prendre comme équation de propagation de l'onde u_2^* du corpuscule 2 dans ce système

$$\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial u_2^*}{\partial t} = -\frac{-h^2}{8\pi^2\mu}\left(\frac{\partial^2 u_2^*}{\partial x^{*2}} + \frac{\partial^2 u_2^*}{\partial y^{*2}} + \frac{\partial^2 u_2^*}{\partial z^{*2}}\right) + V(r). \tag{7}$$

Les fonctions u_1^* et u_2^* obéissant à des équations de même forme peuvent être regardées comme égales à une même fonction de $\vec{r}^*$ et de t, ce qui nous conduit à leur donner l'expression commune $a^*(\vec{r}^*, t)\, e^{(2\pi i/h)\varphi^*(\vec{r}^*, t)}$.

Dans le système non galiléen lié au corpuscule 2, ce corpuscule ne joue plus que le rôle d'un centre de force et nous sommes ramenés au cas du mouvement d'un corpuscule dans un champ de force donné, l'onde $u_1^* = a_1^* e^{(2\pi i/h)\varphi_1^*}$ obéissant à l'équation (5). L'ensemble des courbes orthogonales aux surfaces $\varphi_1^* =$ const. et les mouvements définis par la formule $\vec{v}_1^* = -1/m_1$ grad* φ_1^* représentent dans ce système l'ensemble des mouvements possibles d'une même classe. Si L_1^* est la trajectoire décrite par le corpuscule 1, on pourra, en revenant au système lié au centre de gravité et en utilisant la relation $m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 = 0$, déduire du mouvement L_1^* les mouvements corrélés L_1 et L_2 des deux corpuscules autour du centre de gravité.

Finalement on voit, et c'est le point capital, que dans le mouvement relatif la fonction $a^* e^{(2\pi i/h)\varphi^*}$ représente à la fois l'ensemble des mouvements L_1^* d'une

même classe du corpuscule 1 et (sauf dans la région singulière) l'onde u_1^* du corpuscule 1 *quand il décrit l'une quelconque des trajectoires* L_1^*.

Naturellement, si nous rapportons le mouvement du corpuscule 2 au corpuscule 1, ce sera la fonction $a^* e^{(2\pi i/h)\varphi^*}$ qui nous donnera à la fois l'ensemble des trajectoires de même classe L_2^* et l'onde u_2^* associée au corpuscule 2 quand il décrit l'une quelconque des trajectoires L_2^*.

Si maintenant nous comparons les équations (5) et (7) avec l'équation (3) satisfaite par l'onde Ψ de l'espace de configuration, on voit ([2]) qu'on peut choisir pour la fonction Ψ^* la même expression $a^*(\vec{r}^*, t)\, e^{(2\pi i/h)\varphi^*(\vec{r}^*, t)}$ que pour u_1^* et u_2^*. On en conclut que l'on peut écrire

$$(8)\qquad \begin{cases} \varphi_1(\vec{r}_{12}, t) = \varphi_2(\vec{r}_{12}, t) = \varphi(\vec{r}_{12}, t) = \varphi_{12}(\vec{r}_{12}, t), \\ Q_1(\vec{r}_{12}, t) = Q_2(\vec{r}_{12}, t) = Q(\vec{r}_{12}, t) = Q_{12}(\vec{r}_{12}, t) \end{cases}$$

qui, d'après notre Note du 1er décembre 1952 ([3]) et avec les notations qui y sont employées, donnent les conditions nécessaires et suffisantes pour que, dans le cas présent, soit justifié du point de vue de la double solution l'emploi de la Mécanique ondulatoire dans l'espace de configuration.

Dans un système galiléen dans lequel le centre de gravité serait animé d'un mouvement rectiligne et uniforme d'énergie E_g et de quantité de mouvement P, les termes $E_g t - P_x x - P_y y - P_z z$ s'introduiraient dans la phase et l'on retrouverait les formules plus générales

$$(9)\qquad \begin{aligned} &\left.\begin{aligned} \varphi_1(\vec{R}_1, \vec{r}_{12}, t) &= \varphi_{11}(\vec{R}_1, t) + \varphi_{12}(\vec{r}_{12}, t) \\ \varphi_2(\vec{R}_2, \vec{r}_{12}, t) &= \varphi_{22}(\vec{R}_2, t) + \varphi_{21}(\vec{r}_{12}, t) \end{aligned}\right\} \varphi_{12} = \varphi_{21} \\ &\varphi(\vec{R}_1, \vec{R}_2, t) = \varphi_{11}(\vec{R}_1, t) + \varphi_{22}(\vec{R}_2, t) + \varphi_{12}(\vec{r}_{12}, t) \end{aligned}$$

de la Note qui vient d'être citée.

Les raisonnements précédents sont valables en l'absence d'un champ extérieur. S'il existe des champs extérieurs, on retrouve encore aisément les formules de ma Note du 1er décembre 1952 dans le cas où, ces champs étant sensiblement constants dans toute l'étendue du système, il y a séparation entre le mouvement du centre de gravité et le mouvement relatif.

Le cas où il n'y a pas séparation entre le mouvement du centre de gravité et le mouvement relatif ainsi que le cas où le système comprend plus de deux corpuscules appelleraient des recherches nouvelles.

([2]) Le résultat que nous obtenons ainsi peut s'exprimer en disant que, dans le système de référence relatif, où l'un des corpuscules joue seulement le rôle de centre de forces, la partie régulière de l'onde u d'un corpuscule coïncide (à une constante de normalisation près) avec son onde Ψ. C'est là une conception dont nous avons déjà montré la nécessité. *Voir* notamment *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1453.

([3]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1345.

AÉRODYNAMIQUE. — *Onde de choc dans un tronçon d'écoulement issu d'une source-tourbillon.* Note de M. **Maurice Roy**.

1. Conservant notations et formules d'une Note récente [1], prenons pour courant amont (indice 1) un tronçon, latéralement limité, de l'écoulement plan permanent issu d'une source-tourbillon, rectiligne et localisée à l'origine O du plan indéfini (courant centrifuge ou centripète, selon le signe du débit de source).

Sur cet exemple, on mettra ici en évidence la sensibilité du courant aval à l'inclinaison α_1 et à la courbure $1/\mathcal{R}$ d'une onde de choc stationnaire en travers dudit tronçon de courant amont.

2. En courant d'indice i, j'appellerai *nombre de Mach suivant l'accélération* le rapport m_i de V_{j_i}, module de la projection de la vitesse $\vec{V}_i$ sur l'accélération $\vec{j}_i$, à la célérité locale $\mathcal{A}_i$ du son. Cette dénomination est homologue de celle de « nombre de Mach suivant la normale à une onde de choc », appliquée précédemment au rapport noté $\sqrt{\mu_i}$.

En écoulement quelconque, *même non plan ni permanent*, notre définition permet de relier m_i au nombre de Mach usuel (suivant la vitesse) par la formule fondamentale

$$m_i \equiv \frac{V_{j_i}}{\mathcal{A}_i} = \frac{M_i}{\sqrt{1+\left(\frac{R_i}{V_i}\frac{\partial V_i}{\partial s_i}\right)^{-2}}}, \tag{7}$$

($\vec{s}_i$, tangente directe à la trajectoire, de rayon de courbure R_i suivant la normale principale $\vec{n}_i$, à 90° sur $\vec{s}_i$).

3. Notre actuel courant amont est caractérisé par sa symétrie axiale autour de la source-tourbillon génératrice, symétrie qui rend *radiale* son accélération, de sorte que l'on a $m_1 \equiv \sqrt{\mu_1}$ en tout point où une onde de choc est orthogonale au rayon-vecteur $\vec{r}_1$.

Si cette onde est telle en chaque point de sa trace Ω, elle conserve à l'écoulement aval la symétrie axiale et l'irrotationnalité du courant amont, mais elle n'est concevable que si $m_1 \equiv \sqrt{\mu_1}$ surpasse l'unité [2]. Par contre, si le courant amont, tout en étant supersonique ($M_1 > 1$), est *radialement subsonique* ($m_1 < 1$), il ne peut conserver sa symétrie axiale qu'en se prolongeant isentropiquement,

[1] *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2369. Précisons ici que, dans le plan orienté, le sens $\vec{s}$ sur la trace d'onde Ω est à choisir de manière que l'angle α_1 soit compris entre 0 et 180°. Signalons, en outre, l'erratum suivant : le facteur de $d\alpha_1/ds$ dans la 3e équation (4) doit être $(1+\mathrm{tg}^2\alpha_1)\,\mathrm{tg}\,\alpha_2/\mathrm{tg}\,\alpha_1$.

[2] *Cf.* M. Roy, *Comptes rendus*, 214, 1942, p. 143.

c'est-à-dire sans onde, car l'onde qui conserverait cette symétrie, et dont la trace Ω serait un arc de cercle centré sur l'origine O, est exclue par $m_1 < 1$, condition vérifiée dans toute l'étendue possible du courant 1 entre le cercle de l'infini et le cercle-limite intérieur, lieu de rebroussements des lignes de courant et frontière physiquement infranchissable ([2]), sur laquelle seulement m_1 atteint l'unité.

4. Cependant, dans le cas précédent $(m_1 < 1 < M_1)$, rien n'empêche d'imaginer, dans notre tronçon de courant 1 *latéralement limité*, une onde de choc stationnaire dont la trace Ω soit *suffisamment différente d'un arc de cercle centré sur l'origine*.

Sur l'arc (fini, ou petit) de Ω, les formules classiques de l'onde de choc donnent l'état et la vitesse du côté aval. En outre, on peut déterminer, notamment par nos formules (4) de la Note citée, les gradients de cet état et de cette vitesse, donc aussi l'orientation et la courbure initiales des lignes du courant 2 qui limitent latéralement l'écoulement aval et représentent le tracé des parois d'une tuyère canalisant ce flux.

Déterminer cet écoulement 2, donc cette tuyère, à partir des données précédentes sur Ω (côté aval) constitue un problème de Cauchy si 2 est supersonique, d'où résulte alors généralement la possibilité théorique, *malgré que m_1 soit inférieur à l'unité*, de l'onde de choc imaginée.

Si 2 est subsonique, la détermination envisagée constitue encore un problème analogue, moins classique mais bien digne d'étude, notamment quant à l'existence de solutions, car ses applications aux écoulements théoriques dans des tuyères incurvées ou dans des canaux de turbomachines sont appelées à se multiplier.

5. Toujours dans le cas précédent $(m_1 < 1 < M_1)$, imaginons une onde, de trace Ω coïncidant avec la trajectoire orthogonale (de rayon $\mathcal{R}_1$ suivant $\vec{s}_1$, alors opposé à $\vec{n}$) des lignes de courant 1. D'après la formule (6) de notre Note citée, la courbure $1/\mathcal{R}$ de Ω est négative (Ω est convexe au flux amont) :

$$(8)\qquad \frac{1}{\mathcal{R}} = \left(\frac{M_1^2 - 1}{V_1}\right)\frac{\partial V_1}{\partial s_1}; \qquad \text{avec}\quad M_1 > 1 \quad \text{et} \quad \frac{\partial V_1}{\partial s_1} < 0.$$

Puis, par l'une de nos formules (5), l'on a

$$(9)\qquad \frac{M_2^2}{V_2}\frac{\partial V_2}{\partial S_2} = \frac{2}{(\gamma+1)\mathcal{R}} - \frac{M_1^2}{V_1}\frac{\partial V_1}{\partial S_1} = -\frac{2+(\gamma-1)M_1^2}{(\gamma+1)V_1}\frac{\partial V_1}{\partial S_1} > 0,$$

de sorte qu'*à la compression devant l'onde succède une détente en aval, en même temps que s'inverse la courbure de la trajectoire* $(R_1 R_2 < 0)$, et que disparaissent, bien entendu, la symétrie axiale et l'irrotationnalité fondamentales du courant 1.

6. L'inversion, à travers Ω ci-dessus, de la transformation d'état (compression, ou détente) est commune à toutes les ondes stationnaires « orthogonales »,

même en flux incurvé comme ici, mais il est remarquable que ce caractère, de même que l'inversion de la courbure de trajectoire, *puisse disparaître en modifiant assez peu le tracé de* Ω, quant à sa *courbure* $1/\mathcal{R}$ et à son *inclinaison* α_1 sur le courant amont 1.

Les formules ne se prêtant pas à une discussion générale commode, je ne citerai ici que deux exemples démonstratifs (calculés avec $\gamma = 1,4$) et pour lesquels on s'impose, en un point P_1 (coordonnée radiale r_1) de Ω la *double et très remarquable conservation,* à travers l'onde : *a.* de la courbure de trajectoire ($R_2 = R_1$); *b.* de la dérivée de la pression par rapport au parcours ($\partial p_2/\partial s_2 = \partial p_1/\partial s_1$). Si l'arc Ω n'est pas trop étendu, il en ira sensiblement de même sur Ω, de part et d'autre de P_1.

1° On suppose, d'abord, l'onde *orthogonale en* P_1, d'où $\alpha_2 = \alpha_1 = 90°$. Par nos formules (5), (*a*) et (*b*) entraînent alors

$$(10) \quad \left\{ \begin{array}{l} M_1^2 = \frac{\gamma+1}{2} + \sqrt{1 + \left(\frac{\gamma+1}{2}\right)^2}, \qquad \text{soit } M_1 \cong 1,66, \qquad \text{et} \qquad M_2 \cong 0,65; \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \mathcal{R} \cong -0,402\, \mathcal{R}_1. \end{array} \right.$$

En P_1, Ω est environ 2,5 fois plus incurvée que la trajectoire orthogonale du flux amont. En cet exemple, le courant 2 est initialement subsonique, et sa détermination se rattache au problème analytique dont l'importance a été signalée au n° 4 ci-dessus.

2° On choisit, maintenant, une onde *oblique en* P_1 ($\alpha_1 = 60°$ au lieu de 90°) et $\mu_1 = 1,2 > 1$, d'où $M_1 = \sqrt{1,6} \cong 1,265$ et $M_2 \cong 1,104 > 1$. Alors, (*a*) et (*b*) entraînent (avec $\psi_1 - 90° =$ angle de $\vec{V}_1$ sur $\vec{S}_1$) :

$$(11) \quad \left\{ \begin{array}{l} \operatorname{tg}\psi_1 = -\frac{R_1}{V_1}\frac{\partial V_1}{\partial s_1} \cong 0,512; \qquad m_1 = M_1 \sin\psi_1 \cong 0,58 < 1; \\ \mathcal{R} \cong -0,384\, \mathcal{R}_1 \cong -1,25\, R_1 \cong -0,963\, r_1. \end{array} \right.$$

Comme au premier exemple, l'onde est convexe au flux amont ($\mathcal{R} < 0$), et environ 2,6 fois plus convexe que la trajectoire orthogonale de ce flux en P_1.

On doit souligner que, dans ce deuxième exemple où Ω n'est inclinée que de 30° sur une onde orthogonale, on a en même temps $m_1 \ll 1$ et $M_2 > 1$, cette dernière condition assurant l'existence d'une solution pour le problème de Cauchy que constitue la détermination du courant 2, en aval proche de Ω, et démontrant alors la possibilité théorique d'une onde de choc en une région du courant 1 où $m_1 < 1 < M_1$, cas envisagé aux n°s 4 et 5 ci-dessus.

7. L'exemple 2° précédent laisse penser que, dans un canal diffuseur de turbocompresseur centrifuge, dont les parois sont à courbure continue, l'apparition d'une onde de choc ne modifiant guère la courbure $1/R_i$ de trajectoire ni la pente ($\partial p_i/\partial s_i$) de compression continue n'offre pas d'invraisemblance physique si la déviation infligée au flux par l'onde ($\cong$ 3°,85 en P_1 dans le

cas, 6, 2°) reste assez faible pour être tolérée, localement, par les couches limites du courant réel. Le même exemple montre combien l'écoulement aval est sensible à la courbure et à l'orientation locales d'une onde de choc, stationnaire en travers d'un courant amont donné et tel que celui retenu ici.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Pouvoirs rotatoires magnétiques de quelques carbures éthyléniques liquides. Variation avec la température.* Note de MM. **René de Mallemann, François Suhner** et **Jean Grange.**

Le propène, le butène-1, le butadiène-1.3, le pentène-1 et l'isoprène, de provenance américaine, (leurs points d'ébullition et de fusion nous ont été communiqués par le laboratoire d'origine), furent observés chacun sous la forme gazeuse et sous la forme liquide. Pour les résultats relatifs aux gaz, nous renverrons à une Note récente [1]. Le propène, le butène et le butadiène liquides furent étudiés dans un intervalle de température allant de — 75° aux points d'ébullition respectifs. On a déterminé les pouvoirs rotatoires dans le champ d'un électro-aimant, par comparaison des rotations à celles du sulfure de carbone. Les indices de réfraction correspondants furent mesurés au moyen du réfractomètre spécial de Suhner. Pour le pentène et l'isoprène, les observations ont été faites aux environs de 20° seulement, à l'aide de notre magnéto-polarimètre double.

Les résultats se trouvent rassemblés dans le tableau ci-dessous, ou $[\Lambda]_M$ désigne le *pouvoir rotatoire moléculaire*, $[\Omega]_M$ la *rotativité* (en *micro-radians* μr.), et $[R]_M$ la *réfractivité*.

Propène.

(°C).	t (°C).	d_t (g/cm³).	n_t^{578}.	$[\Lambda]_M$ (μr).	$[\Omega]_M$ (μr).	$[R]_M$ (cm³).
É. — 47,7	−72,5	0,6395	1,3878	317	257	46,5
F. —185,4	−56,5	0,6215	1,3735	316	258	46,3
	−47 (É.)	0,6117	1,3663	310,5	255,5	46,5

Butène-1.

(°C).	t (°C).	d_t (g/cm³).	n_t^{578}.	$[\Lambda]_M$ (μr).	$[\Omega]_M$ (μr).	$[R]_M$ (cm³).
É. — 6,3	−74	0,7010	1,4172	401	318,5	60,4
F. —130	−51,5	0,6765	1,4010	398	320	60,4
	− 6 (É.)	0,624	1,3652	401	330	60,3

Butadiène-1.3.

(°C).	t (°C).	d_t (g/cm³).	n_t^{578}.	$[\Lambda]_M$ (μr).	$[\Omega]_M$ (μr).	$[R]_M$ (cm³).
	−68,5	0,7225	1,4638	585	448,5	62,0
É. — 4,4	−35	0,685	1,4398	578	452	62,4
F. —108,5	−12	0,661	1,4244	573	452,5	62,7
	− 8,5	0,656	1,4212	571	452	62,8

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 379.

Pentène-1.

(°C).	t (°C).	d_t (g/cm³).	n_t^{578}.	$[\Lambda]_M$ (μr).	$[\Omega]_M$ (μr).	$[R]_M$ (cm³).
É. + 30	20	0,6414	1,3759	467,5	382	75,2
F. −165,4	13	0,6475	1,3771	469,5	383	74,7
Isoprène.						
É. + 30,4	20	0,6830	1,4274	633,5	499,5	77,4
F. −146	17	0,6888	1,4276	630	496	76,4

Les *dispersions* rotatoires sont pratiquement les mêmes dans le liquide et dans le gaz; elles diffèrent d'ailleurs à peine pour les quatre premiers carbures (1,13⁵ et 1,87); seul l'isoprène est nettement plus dispersif (le rapport 436/578 atteignant 1,95).

Dans le tableau qui suit, se trouvent rapprochés les résultats relatifs aux gaz et aux liquides, dont il ressort que : 1° le pouvoir rotatoire moléculaire $[\Lambda]_M$ diffère considérablement pour les deux phases; 2° la rotativité $[\Omega]_M$ varie incomparablement moins; les nombres sont, sinon égaux, en tout cas relative-très voisins; les réfractivités $[R]_M$ ont pratiquement mêmes valeurs respectives.

	$[\Lambda]_M$.	$[\Omega]_M$.		$[R]_M$.	
	Liq.	Gaz.	Liq.	Gaz.	Liq.
Propène	316	268	257	46,7	46,5
Butène-1	400	340	320	60,1	60,4
Butadiène-1.3	578	464	452	(60,3)	62,5
Pentène-1	468	378	382	–	74,8
Isoprène	632	488	499	–	77,0

En ce qui concerne l'état *liquide*, les variations avec la température sont faibles et peu régulières. Pour le propène et le butadiène, $[\Omega]_M$ paraît à peu près constant dans l'intervalle étudié, tandis que $[\Lambda]_M$ diminuerait quand t croît. Pour le butène, la conclusion serait inverse; la rotativité du butène liquide, à basse température, est d'ailleurs nettement inférieure à celle du gaz, mais sa valeur semble croître notablement au voisinage du point d'ébullition.

Si l'on admet pour la *rotativité* du groupe CH_2 le nombre 55 μr [déduit des résultats relatifs aux carbures saturés jusqu'à C_{16} ([2]), on obtiendrait, à partir de *l'éthylène* : $225 - (2 \times 55) = 115\,\mu r$, comme contribution propre d'une *double liaison* C=C. Utilisant ici cette valeur, on calculerait 280, 335, 390, respectivement, pour les rotativités du propène, du butène et du pentène, 395

([2]) Rappelons que si l'on traite la contribution globale (55) de CH_2 comme étant la somme des rotativités de deux *liaisons* C—H$(2 \times 27,5)$, on obtient la rotativité expérimentale du *méthane* : $CH_4 = 4 \times 27,5 = 110$. En adoptant cette manière de voir, la valeur propre d'une liaison *simple* C—C serait quasi nulle, alors que celle de la liaison *double* C=C est, au contraire, énorme (supérieure à $4 \times$ CH).

et 450 pour celles du butadiène et de l'isoprène. Les trois premiers nombres se rapprocheraient des valeurs expérimentales, tandis que les deux derniers sont inférieurs de beaucoup; ceci était à prévoir, vu la *conjugaison* des deux liaisons doubles : son effet se chiffrerait par une majoration de 50 à 60 μr (à peu près la valeur d'une *demi* double liaison.)

MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE. — *Étude au microscope électronique de la cellule alvéolaire de Mammifère.* Note de MM. **Albert Policard, André Collet** et Mme **Lucette Giltaire-Ralyte.**

Étude des caractères microélectroniques de la cellule alvéolaire normale du Rat. Disposition dispersée de ces cellules sur la paroi alvéolaire. Absence de tout prolongement en voile sur cette paroi. Existence fréquente de petits pseudopodes très courts sur la surface libre de certaines cellules. Présence de mitochondries volumineuses et de vacuoles dans le cytoplasma.

Au cours de recherches au microscope électronique sur la pathogénie des pneumoconioses, nous avons été amenés à préciser avec cette technique certains points de structure de la cellule alvéolaire du poumon normal de Mammifère (Rat), sous sa forme fixée à la paroi de l'alvéole et non libre dans la cavité de celle-ci. Le revêtement des alvéoles a été, en effet, relativement peu étudié au microscope électronique. Les travaux récents de Low et Daniels ([1]), de Low ([2]), de Swigart et Kane ([3]) ont surtout porté sur des points spéciaux de morphologie inframicroscopique.

Les poumons normaux de Rats souche Wistar étaient fixés par injections intratrachéales d'acide osmique a 1 % tamponné au véronal à pH 7,5 (liquide de Palade), inclus au méthacrylate de butyle, débités en coupes ultrafines de 0,1 μ et examinés à des grossissements de 4 000 à 18 000 diamètres (microscope Philips). Les cellules alvéolaires sont parfaitement fixées par cette technique. Elles montrent les détails suivants :

Ces éléments sont logés entre les capillaires sanguins ou dans des niches réservées entre ceux-ci. Les préparations montrent d'une façon incontestable qu'ils sont isolés ou au plus, par groupes de deux. Dans leurs intervalles, proportionnellement étendus, la paroi alvéolaire est nue, dépourvue de tout élément cellulaire, en particulier de tout prolongement protoplasmique membraniforme ayant au moins 100 Å d'épaisseur.

La forme de ces éléments est assez variable. La plupart sont sphériques ou ovalaires, généralement en saillie sur la paroi, plus rarement allongés sur celle-ci. Suivant les axes considérés, leurs diamètres vont de 6 a 15 μ. Les limites cellulaires ne sont marquées par aucune enveloppe nette.

([1]) F. N. Low et C. W. Daniels, *Anat. Rec.*, 112, 1952, p. 456.
([2]) F. N. Low, *Anat. Rec.*, 117, 1953, p. 241.
([3]) R. H. Swigart et D. J. Kane. *Anat. Rec.*, 112, 1952, p. 395.

Les cellules présentent deux catégories de prolongements.

Les uns, relativement rares, sont volumineux et trapus, formant des languettes appuyées contre la paroi. Ils sont courts. Nous n'avons jamais rencontré les formes en voiles minces et étendus décrits par Low (2),

Les autres prolongements, à notre connaissance non encore signalés, ont la forme de petits pseudopodes cylindriques et courts, de 0,15 à 0,2 μ de long sur 0,05 à 0,08 μ de large. Ils sont très différents de cils vibratiles. Ils se terminent souvent par une extrémité un peu plus renflée. Ces pseudopodes ne sont jamais serrés les uns contre les autres mais séparés par des intervalles relativement étendus. Ils s'observent seulement sur certaines zones de la surface libre des cellules. La plupart de celles-ci en présentent (4).

L'absence de membrane cellulaire périphérique et la présence de pseudopodes sont assez caractéristiques de la nature histiocytaire des cellules alvéolaires.

Ces cellules possèdent un noyau ovalaire, régulier ou avec quelques irrégularités peu accentuées. De 4 à 6 μ de diamètre, il offre une enveloppe assez dense et un nucléoplasma finement réticulaire. Celui-ci renferme des amas plus denses à l'aspect de masses chromatiques et un nucléole dense et bien limité de 1 à 2 μ. Nous n'avons jamais observé de figures de mitose, mais quelquefois des aspects d'amitose, assez vagues du reste.

Le cytoplasma est réticulovacuolaire. Il renferme deux catégories d'enclaves : mitochondries et vacuoles.

Les mitochondries, signalées depuis longtemps, sont montrées d'une façon particulièrement nette par le microscope électronique. Elles sont abondantes et en forme, soit de sphères de 0,4 à 0,5 μ de diamètre, soit de courts batonnets de 1 à 2 μ de long. Elles sont réparties uniformément dans tout le corps cellulaire.

Les vacuoles, sphériques, sont de présence constante dans les cellules alvéolaires du type étudié ici. Elles sont réparties dans tout le cytoplasma. Sans membrane limitante, elles ont de 0,5 à 2 μ de diamètre, assez variables par conséquent dans l'intérieur d'une même cellule. Ces vacuoles ont un contenu clair au microscope électronique. L'acide osmique ne les noircit pas.

De ces examens, on peut retenir les points suivants :

Aux grossissements puissants du microscope électronique, les cellules alvéolaires ne montrent pas les caractères d'éléments épithéliaux, mais ceux de cellule du type mésenchymateux.

Elles sont disposées d'une façon discontinue sur les parois alvéolaires. Sur celles-ci, les capillaires sont nus, non recouverts par une formation cytoplasmique quelconque.

---

(4) G. Bloom et H. Engström (*Annals of Otol., Rhinol. a. Layng.*, 62, 1953, p. 15) ont signalé la présence, entre les cils vibratiles de la trachée chez le Chien, de formations du même type auxquelles ils attribuent un rôle absorbant.

Elles présentent à leur surface de fins pseudopodes cytoplasmiques assez semblables à ceux que montrent les histiocytes observés vivants au contraste de phase.

La présence d'un appareil mitochondrial très développé et de vacuoles témoigne de l'activité métabolique de ces éléments.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée de la **VIe manifestation de la Fédération européenne du Génie chimique** qui aura lieu à Luxembourg, les 20-21 septembre 1954.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur une généralisation du théorème de Lusternik concernant des familles continues des ensembles.* Note de M. **Alexandre Dinghas**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Nous considérons l'espace abstrait X formé de tous les ensembles fermés de l'espace euclidien R^n. La distance $|A, B|$ entre deux éléments quelconques de X étant fixée comme d'habitude, on définit la combinaison linéaire

$$A = \lambda_1 A_1 + \ldots + \lambda_r A_r \qquad (A_k \in X,\ \lambda_k > 0), \tag{1}$$

comme l'ensemble de tous les points de la forme $\lambda_1 P_1 + \ldots + \lambda_r P_r$ $(P_k \in A_k)$, le signe $+$ signifiant ici l'addition vectorielle.

Cette opération de Brunn et Minkowski peut être maintenant étendue à des familles continues d'ensembles fermées (A_λ) $(0 \leqq \lambda \leqq 1)$ et l'on est ainsi amené à considérer des intégrales de la forme

$$A = \int_0^1 d_\lambda . A\lambda \tag{2}$$

pourvu que le côté droit existe.

2. Nous désignerons dans la suite par J_0 l'intervalle $0 \leqq \lambda \leqq 1$ et nous supposerons que la fonction (A_λ) est uniformément bornée sur J_0 c'est-à-dire qu'il existe un ensemble borné fixe S tel que $A_\lambda \subseteq S$. L'oscillation de A_λ sur un intervalle $J \subseteq J_0$ sera alors définie par la formule

$$\omega(J) = \sup |A_{\lambda'}, A_{\lambda''}| \qquad (\lambda', \lambda'' \in J) \tag{3}$$

et l'oscillation $\omega(\lambda)$ dans un point $\lambda \in J_0$, par l'équation

$$\omega(\lambda) = \lim_{cJ \to 0} \omega(J) \qquad (\lambda \in J) \tag{4}$$

cJ désignant la longueur de J.

3. Maintenant il est facile de prouver que la condition $m\mathrm{E}(\omega(\lambda)>0)=0$, m désignant la mesure de Lebesgue, est suffisante pour l'existence de l'ensemble fermé, A comme limite des sommes de Minkowski-Riemann

$$\delta\lambda_1 . \mathrm{A}\xi_1 + \ldots + \delta\lambda_r . \mathrm{A}\xi_r \tag{5}$$

où les $\delta\lambda_k$ sont formés par la subdivision de J_0 en sous-intervalles J_k : $(\lambda_{k-1} \leqq \lambda \leqq \lambda_k)$ $(\lambda_{k-1} < \lambda_k,\ \lambda_0 = 0, \lambda_r = 1)$ et les ξ_k désignent un point quelconque de J_k.

La démonstration se fait en se servant du théorème du choix (Auswahlsatz) de Blaschke dans la forme générale qui lui a été donnée par M. Hadwiger. On se sert encore de l'inégalité

$$\left| \sum_1^r \lambda_k \mathrm{A}_k,\ \sum_1^r \lambda_k \mathrm{B}_k \right| \leqq \sum_1^r \lambda_k \, | \mathrm{A}_k,\ \mathrm{B}_k | \tag{6}$$

la somme dans le coté droit étant prise dans le sens ordinaire.

4. Les notions introduites ci-dessus nous permettent de démontrer le théorème suivant, qui généralise celui de Lusternik :

Soit (A_λ) une fonction uniforme des ensembles, définie et uniformément bornée sur J_0, c'est-à-dire que à chaque $\lambda \in \mathrm{J}_0$ correspond un ensemble $\mathrm{A}_\lambda \subseteq \mathrm{S}$, S étant un ensemble fermé fixe.

Alors, en supposant que l'ensemble $\mathrm{E}(\omega(\lambda)>0)$ est de mesure nulle de Lebesgue, on aura

$$m\mathrm{A}^{\frac{1}{n}} \geqq \int_0^1 m\mathrm{A}_\lambda^{\frac{1}{n}}\, d\lambda. \tag{7}$$

Il semble que le signe d'égalité n'est valable ici que dans le cas où l'on a $\mathrm{A}_\lambda = f(\lambda)\mathrm{A}$, A étant un ensemble convexe fixe et $f(\lambda)$ une fonction intégrable au sens de Riemann.

Naturellement, on peut ici introduire d'autres intégrales plus générales que celles de Riemann et considérer des familles plus larges des ensembles, mais cela n'a pas une importance capitale pour la théorie et se démontre de la même manière considérée ici.

La démonstration du (7) s'achève en développant et approfondissant certaines méthodes que j'ai publiées dans les Comptes rendus de l'Académie de Vienne il y a douze ans, en montrant que les méthodes classiques de Minkowski et Brunn légèrement modifiées s'appliquent aussi bien aux corps convexes qu'aux ensembles plus généraux. Un travail étendu traitant d'autres questions et développant des idées relatives aux théories de Minkowski et Brunn paraîtra prochainement.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Résultats nouveaux dans la théorie des opérations linéaires* (I). Note (*) de M. **Alexandre Grothendieck**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Le résultat essentiel de cette Note est le théorème 1 : L'opérateur identique d'un espace de Hilbert est préintégral. Démonstration à paraître au *Boletim da Sociedade de Matematica de São Paulo*. Voir ma thèse et un article antérieur ([1]).

Pour fixer les idées, il n'est question que d'espaces de Banach. Je suis les notations et la terminologie de ma thèse [*voir* aussi ([1]) et le séminaire de L. Schwartz 1953-1954], sauf que je désigne par $\check{\otimes}$ ce qui avait été noté $\hat{\otimes}$. Je suppose donc connue la signification de $E \hat{\otimes} F$, $E \check{\otimes} F$, la notion de forme bilinéaire et d'application *intégrale*. Les notations L^1, L^2, L^∞ désignent des espaces construits sur une mesure de Radon arbitraire, qui peut être différente d'un espace à l'autre dans une même formule. $C_0(M)$ désigne l'espace des fonctions continues nulles à l'infini sur l'espace localement compact M; dans tous les énoncés, on pourrait remplacer L^∞ par $C_0(M)$. Les flèches désignent des applications linéaires continues.

Rappelons (*thèse*, § 4, n° 6) qu'une forme bilinéaire u sur $E \times F$ est dite *semi-intégrale gauche* si E est le quotient d'un espace G (qu'on peut alors supposer être un espace quelconque du type L^1) tel que u soit intégrale sur $G \times F$. Analogue pour *semi-intégrale droite*. On dit que u est *préintégrale* si E est le quotient d'un G et F le quotient d'un H (on peut alors supposer que G et H sont des espaces L^1 quelconques ayant E resp. F pour quotient) tels que u soit intégrale sur $G \times H$. Une application linéaire $E \to F$ est dite semi-intégrale gauche (resp. ...) si la forme bilinéaire sur $E \times F'$ qu'elle définit l'est. Donc u est semi-intégrale gauche si et seulement si l'image de la boule unité de E est semi-intégrale ([2]). Critère « transposé » pour les applications semi-intégrales droites. Donc u est préintégrale si et seulement si les composées $L^1 \to E \to F \to L^\infty$ sont intégrales ([3]).

On a une notion évidente de « norme semi-intégrale gauche » (resp. norme semi-intégrale droite, resp. norme préintégrale) d'une forme bilinéaire ou d'une application linéaire.

(*) Séance du 28 juin 1954.

([1]) *Ann. Inst. Fourier*, 4, 1954, p. 73-112. (Ma thèse n'est pas encore parue.)

([2]) Par exemple contenue dans l'image de la boule unité d'un espace G convenable par une application intégrale; ou encore si pour toute application $L^1 \to E$, le composé $L^1 \to E \to F$ est intégral, ou encore si pour toute application $F \to L^1$, le composé $E \to F \to L^1$ est intégral.

([3]) Ou aussi si les composés $E \to F \to L^1 \to L^\infty$ ou encore $L^\infty \to L^1 \to E \to F$ le sont; ces deux derniers sont même alors nucléaires.

Proposition. — *Les applications semi-intégrales gauches (resp. droites) d'un espace de Hilbert dans un autre sont exactement les applications de Hilbert-Schmidt.*

(La norme semi-intégrale — gauche ou droite — est ici comprise entre la norme de Hilbert-Schmidt et son produit par $\sqrt{2}$).

Une forme bilinéaire u sur $E \times F$ est dite *hilbertienne* si elle est continue pour des normes préhilbertiennes continues convenables sur E, F. Si $E = F$, u symétrique (cas des scalaires réels) ou hermitienne (scalaires complexes), cela signifie aussi que u est différence de deux formes « positives ». Donc une application linéaire $E \rightarrow F$ est dite hilbertienne (par exemple de « norme hilbertienne » $\leqq 1$) si elle se factorise en $E \rightarrow L^2 \rightarrow F$ (où $E \rightarrow L^2$ et $L^2 \rightarrow F$ sont de norme $\leqq 1$) [4].

Une fonction f sur un produit $I \times J$ est dite *fonction intégrale* (resp. *fonction hilbertienne*) si elle est bornée et définit une forme bilinéaire intégrale (resp. hilbertienne) sur $l^1(I) \times l^1(J)$. En principe, cela peut se vérifier par le fait que la « norme intégrale » (resp. hilbertienne) de la matrice restriction de f à $M \times N$ (M et N, parties finies de I resp. J) reste bornée. Définition analogue, plus généralement, si I et J sont des espaces localement compacts munis de mesures μ (resp. ν) et si f est une classe de fonctions mesurables sur $I \times J$ muni de $\mu \otimes \nu$. Si $I = J$ et si f est « hermitienne », f est hilbertienne si et seulement si elle est différence de deux fonctions bornées « de type positif ».

Théorème 1. — *L'application identique d'un espace de Hilbert sur lui-même est préintégrale* [5].

Énoncés équivalents :

Corollaire 1. — *Il y a identité entre applications linéaires préintégrales et hilbertiennes, et entre fonctions intégrales et hilbertiennes.*

Donc *sur un produit* $L^1 \times L^1$, *les formes intégrales sont identiques aux formes hilbertiennes.*

Corollaire 2. — *Tout composé* $L^1 \rightarrow L^2 \rightarrow L^\infty$, $L^2 \rightarrow L^\infty \rightarrow L^1$, $L^\infty \rightarrow L^1 \rightarrow L^2$ *est intégral (les deux derniers sont mêmes nucléaires).*

Appliquant ceci à l'application identique $l^1 \rightarrow l^2$, et $l^2 \rightarrow c_0$ (qui est donc semi-intégrale droite resp. gauche), on trouve la généralisation d'un théorème peu connu de Littlewood, ainsi qu'un énoncé « dual » :

Corollaire 3. — $l^1 \check{\otimes} L^1 \subset l^2 \hat{\otimes} L^1$, à fortiori *toute suite sommable dans* L_1 *est de carré absolument sommable.*

---

(4) Cela signifie aussi que l'image de la boule unité de E est contenue dans un « ellipsoïde » (borné) de F, par exemple dans l'image de la boule unité d'un Hilbert par une application linéaire continue.

(5) La norme préintégrable h, dans le cas où la dimension est infinie, est une constante universelle, comprise entre $\pi/2$ et sh $\pi/2$.

Corollaire 3 *bis*. — $l^2 \check{\otimes} L^\infty \subset c_0 \hat{\otimes} L^\infty$, à fortiori *toute suite de carré absolument sommable dans* L^∞ *est « nucléaire »*.

Les injections indiquées dans ces deux corollaires sont de norme $\leq h$, et même de norme $\leq \sqrt{2}$ (meilleure constante possible). C'est aussi la meilleure constante dans la conséquence suivante :

Corollaire 4. — *Les composés* $L^2 \to L^1 \to L^2$ *et* $L^2 \to L^\infty \to L^2$ *sont du type Hilbert-Schmidt* (d'ailleurs réciproquement, les Hilbert-Schmidt peuvent se factoriser ainsi).

L'application identique $l^1 \to c_0$ est un composé $l^1 \to l^2 \to c_0$, donc intégrale (en fait on voit facilement que sa norme intégrale est 1). Énoncé équivalent :

Corollaire 5. — $l^1 \check{\otimes} E \to c_0 \hat{\otimes} E$ (*toute suite sommable dans* E *est nucléaire*).

Le corollaire suivant est encore équivalent au théorème 1 :

Corollaire 6. — $C_0(M) \hat{\otimes} C_0(M)$ *est l'ensemble des combinaisons linéaires des fonctions* $\in C_0(M \times M)$ *« de type positif »*.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Traînée et porosité aérodynamique d'une bande perméable; cas des tôles perforées*. Note de MM. **Jacques Valensi** et **René de Possel**, transmise par M. Joseph Pérès.

Les mesures de traînée effectuées par les Auteurs pour une bande de toile métallique (1) ont été reprises pour des tôles perforées. Elles conduisent à l'expression déjà trouvée en fonction de la porosité aérodynamique, mais à des résultats différents en fonction de la porosité géométrique. Comparaison avec les mesures effectuées par d'autres Auteurs.

1° Résumons quelques résultats précédents. D'après nos mesures (1) et celles d'autres Auteurs (2), (3), nous avons admis la loi *locale*

$$k(V, i) = -\frac{\Delta p}{\left(\frac{1}{2}\rho V^2\right)} = \chi V^{\gamma-2} \cos i \qquad (1)$$

où V est la vitesse immédiatement avant la paroi perméable, i l'angle de cette vitesse avec la normale, χ et γ des constantes pour une paroi donnée, ρ la densité et Δp l'accroissement de pression.

En étendant la théorie du sillage d'Oseen, nous en avons déduit pour une bande plane indéfinie la formule *globale* approchée suivante

$$C_x = -\frac{\Delta p}{\frac{1}{2}\rho a^2} = 4(1-\sigma) \qquad (2)$$

(1) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2211.

(2) G. I. Taylor and R. M. Davies, *Aeronautical research council*, reports and memoranda, n° 2237, 1944.

(3) L. F. G. Simmons and C. F. Cowdrey, *id.*, n° 2276, 1944.

où a est la vitesse à l'infini (normale à la bande) et $\sigma = u/a$ la *porosité aérodynamique* (u étant la composante normale de la vitesse, supposée sensiblement la même en tout point de la bande, ce qui résulte à la fois de la théorie et de nos expériences).

Des mesures directes de *forces* [4] faites sur des toiles métalliques de porosité géométrique $\lambda \geq 0,38$ et pour des vitesses a variant de 10 à 25 m/s (nombre de Reynolds rapporté au diamètre des fils variant de 40 à 400) nous ont conduits, aux erreurs d'expérience près, d'une part à la formule

$$C_x = 2(1 - \sigma^2) \tag{3}$$

qui représente une parabole tangente à la droite (2) au point $\sigma = 1$, d'autre part à l'expression $\sigma = \lambda^{1/2}$. Le C_x était indépendant de la vitesse pour une toile donnée à 1 % près.

De ces résultats, on déduit

$$k_0 = k(u, 0) = C_x/\sigma^2 = 2(\lambda^{-1} - 1),$$

d'où, dans (1), $\gamma = 2$, $\chi = k_0$.

2° Ces mesures ont été reprises avec des tôles perforées à trous ronds disposés en quinconce, de λ compris entre 0,21 et 0,65.

Mais ici, nous avons constaté que C_x décroît de 5 à 10 % quand a augmente à partir de 10 m/s et paraît tendre vers une limite $\overline{C}_x$ pratiquement atteinte pour $a = 30$ m/s. Il a été nécessaire, vu la faible porosité de certaines des tôles, de tenir compte de corrections de paroi (méthode de *Lock*).

Des mesures de σ pour $a = 30$ m/s nous ont permis de vérifier la formule analogue à (3) $\overline{C}_x = 2(1 - \sigma^2)$ à 3 % près environ. Nous avons obtenu d'autre part $\sigma = \lambda^{2/3}$ à 2 % près. On en déduit $k_0 = 2(\lambda^{-4/3} - 1)$.

3° Nous avons comparé les valeurs de $k_0 = C_x/\sigma^2$ déduites de nos mesures aux valeurs de k_0 obtenues par d'autres Auteurs qui ont effectué des mesures de *pression* de part et d'autre d'une cloison poreuse occupant toute la section droite d'un conduit [2], [3], [5]. La vitesse étant de 30 m/s : pour les toiles, les écarts avec [2] sont sensibles, la coïncidence ayant lieu pour $\lambda = 0,49$; pour les tôles perforées, l'écart ne dépasse pas 20 % de $\lambda = 0,49$ à $\lambda = 0,65$. Les divergences peuvent être dues aux conditions aux limites introduites par les parois du conduit, et à l'état de la couche limite qui dépend des conditions à l'entrée.

---

(4) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1966.

(5) W. J. D. Aunand, *J. Roy. aeron. Soc.*, mars 1953, p. 145. *Voir* une biblographie assez étendue dans K. E. G. Wieghardt, *The Aeronautical Quarterly*, 4, part. II, p. 192.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Étude du film d'injection pariétale.* Note de M. **Jean Berger**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'auteur rapporte ici des résultats d'expériences effectuées en soufflerie sur la distribution des vitesses et des concentrations dans la couche d'injection développée à la surface d'une paroi poreuse plane.

Problèmes relatifs au film d'injection pariétale. — Les échanges thermiques entre un solide et un courant gazeux G en mouvement à la surface de ce solide, peuvent être grandement modifiés par l'injection d'un fluide auxiliaire G′ à travers la paroi du solide, de manière à créer un film à sa surface (*fig.* 1). L'étude expérimentale de ces phénomènes conduit à la détermination des vitesses et des températures du fluide au voisinage du solide; la représentation la plus simple consiste à envisager un profil plan placé dans un courant gazeux de vitesse uniforme; le profil est réalisé en matériau fritté poreux et l'on injecte le fluide auxiliaire à travers ses pores, ceux-ci étant suffisamment petits et bien répartis pour qu'on puisse raisonnablement supposer que l'injection est uniforme tout le long du plan.

Divers auteurs (Schlichting, Yuan, Ness) ont résolu les équations de la couche limite laminaire dans le cas où il existe à la paroi une composante normale de la vitesse; il ne semble pas que des expériences (Libby, Kaufman et Harrington) aient permis de vérifier très nettement les conclusions des calculs. Pour le régime turbulent, les travaux analytiques et expérimentaux effectués en vue d'application au « sweat-cooling » n'ont porté, jusqu'à présent, que sur des tuyaux (P. Duwez et Wheeler, Grootenhins et Moore); ils montrent la grande efficacité de l'injection pariétale pour réduire les échanges thermiques entre fluide et paroi, mais les résultats ont un caractère trop global pour permettre d'asseoir la théorie.

La question se posait en particulier de savoir quelles perturbations pouvait apporter aux lois classiques d'analogie entre vitesse, concentration et température ([1]), l'existence d'une vitesse finie normale à la paroi.

Dispositif expérimental et résultats de mesures. — Nous avons utilisé pour nos mesures la soufflerie chaude de Sevran ([2]), mais les essais relatés ci-après ont eu lieu avec des fluides G et G′ sensiblement à la même température (ambiante). Le fluide G était de l'air, le fluide G′ du gaz carbonique, de telle sorte qu'il était facile, par prélèvement et analyse chimique de connaître la concentration du gaz carbonique dans le film d'injection pariétale; de plus, la différence importante des densités permettait une visualisation par strioscopie.

([1]) G. Ribaud et E. Brun, *Mémorial des Sciences physiques*, fasc. XLVI et LI.

([2]) *Journal de Recherches du C. N. R. S.*, n° 23, juin 1953.

La paroi poreuse était constituée par une plaque rectangulaire de bronze fritté de 220 × 55 mm, de 3 mm d'épaisseur dont la porosité était de l'ordre de 40 %, le diamètre moyen des grains sphériques constituant la plaque étant de 0,06 mm. La vitesse d'injection v_0 de CO_2 était de l'ordre de 2 à 3 m/s.

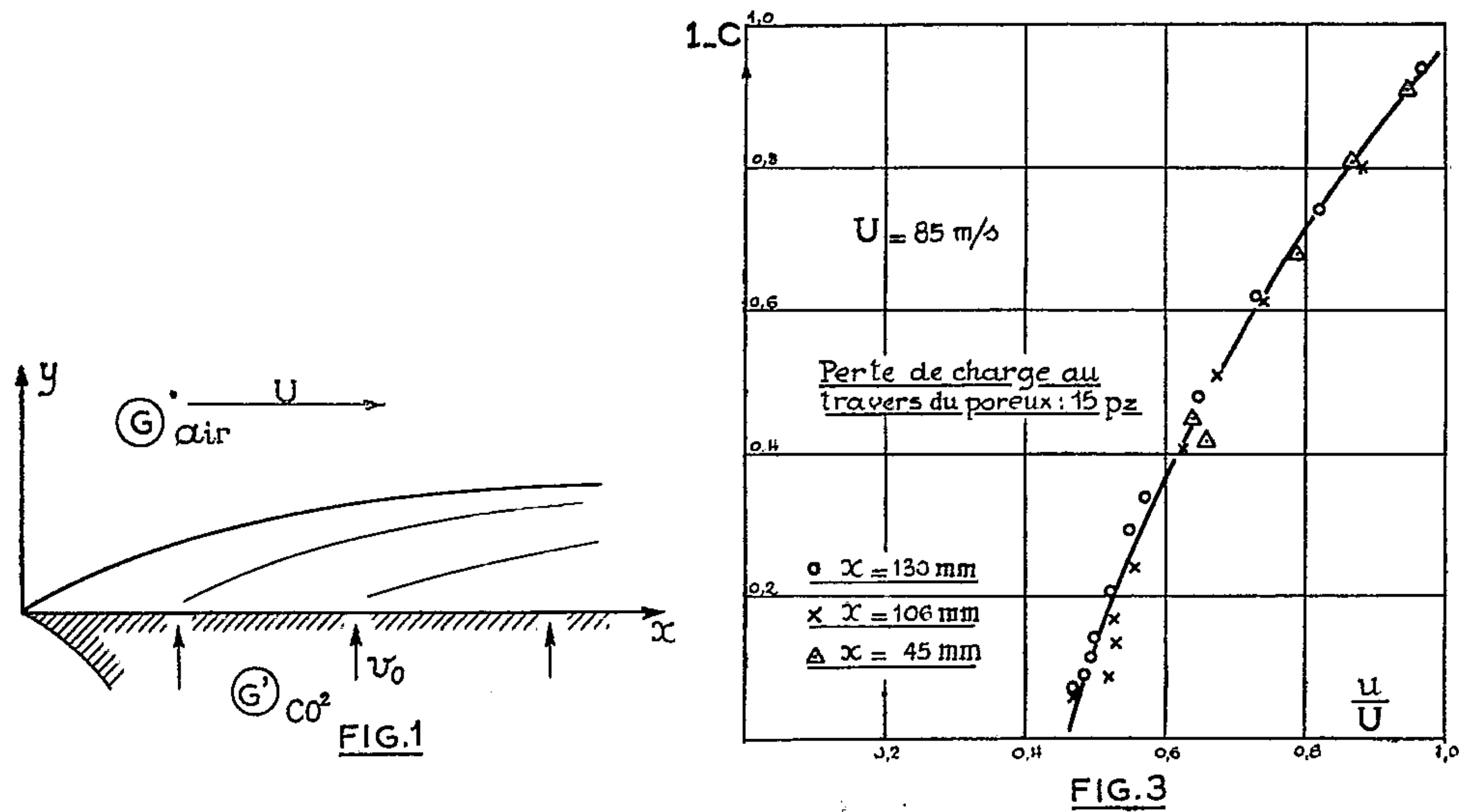


FIG. 1

FIG. 3

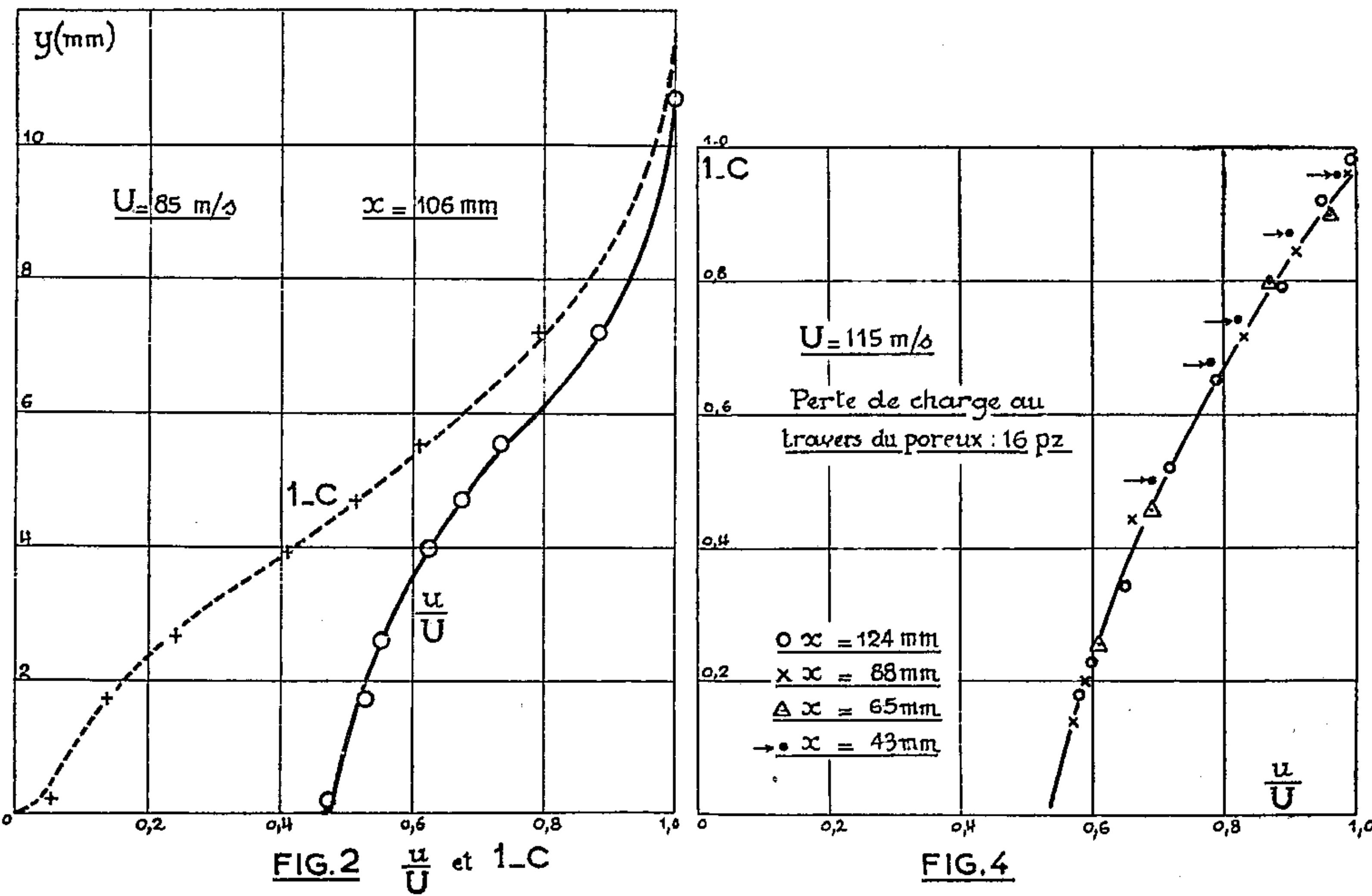


FIG. 2 u/U et 1_C

FIG. 4

La vitesse du courant principal était déterminée au moyen d'une sonde de Prandtl classique ; les relevés de vitesse et les prélèvements de gaz s'effectuaient au moyen d'une sonde mobile du type Pitot.

La figure 2 indique les résultats bruts obtenus au cours d'un essai, les pointés étant effectués à abscisse x constante (ici à 106 mm du bord d'attaque), selon une normale au plan de la surface poreuse. L'écoulement principal y était turbulent ($\mathcal{R}_{Ux} \simeq 10^6$).

La figure 3 donne la corrélation obtenue entre les vitesses et les concentrations pour trois séries de mesures effectuées à des abscisses différentes; la figure 4 donne les mêmes résultats pour des mesures effectuées dans des conditions légèrement différentes.

Conclusions. — Ces premiers résultats font ressortir une anomalie très nette dans la loi d'analogie entre les distributions des vitesses et des concentrations. Il semble qu'au voisinage de la plaque se forme une nappe de gaz G′ peu perturbé qui diffuse ensuite dans le courant principal; à partir d'une certaine distance l'analogie semble se rétablir; ainsi, on voit sur la figure 2 que les épaisseurs des couches dynamique et de concentration à 95 % sont dans le rapport 1,13, en accord avec les valeurs respectives des nombres de Stanton et de Lewis (1,17 et 1,28).

Des résultats non encore confirmés laissent d'ailleurs à penser que ce phénomène ne se produit que dans un certain domaine de valeurs du rapport des vitesses v_0/U, la couche de forte concentration en gaz G′ disparaissant (ou devenant très mince), lorsque, toutes choses égales par ailleurs, la vitesse U du courant principal augmente.

MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE. — *Étude, par diffraction et microscopie électroniques combinées, de l'évolution thermique d'alliages cuivre-aluminium.* Note de MM. NOBORU TAKAHASHI et KAZUHIRO MIHAMA, présentée par M. Gaston Dupouy.

A l'aide d'un microscope électronique à quatre lentilles muni d'une pièce chauffante, on a étudié l'effet de la température sur des films Al-Cu préparés par évaporation sous vide et condensation sur une surface clivée de NaCl à la température ambiante. Des changements remarquables sont décrits.

L'un de nous a effectué, en collaboration avec J.-J. Trillat (1), des expériences de diffraction électronique sur des films d'alliages Al-Cu; ce travail a permis d'observer l'évolution des phases $Cu\text{-}Al_2$, $CuAl$, Cu_9Al_4, etc.

Nous avons complété ces études (2) à l'aide d'un microscope électronique à

(1) J.-J. TRILLAT et NOBORU TAKAHASHI, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1306; N. TAKAHASHI, J.-J. TRILLAT et A. SAULNIER, *Métaux, Corrosion-Industrie*, 28, 1953, p. 185; J.-J. TRILLAT et N. TAKAHASHI, *Acta Cryst.*, 7, 1954, p. 15, etc.

(2) *Voir* aussi : NOBORU TAKAHASHI et CHARLES FERT, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1664; J.-J. TRILLAT et NOBORU TAKAHASHI, *Acta Metallurgica* (sous presse).

quatre lentilles, muni d'un dispositif de chauffage permettant d'élever la température des échantillons jusqu'à 800° C, et en effectuant simultanément la diffraction électronique.

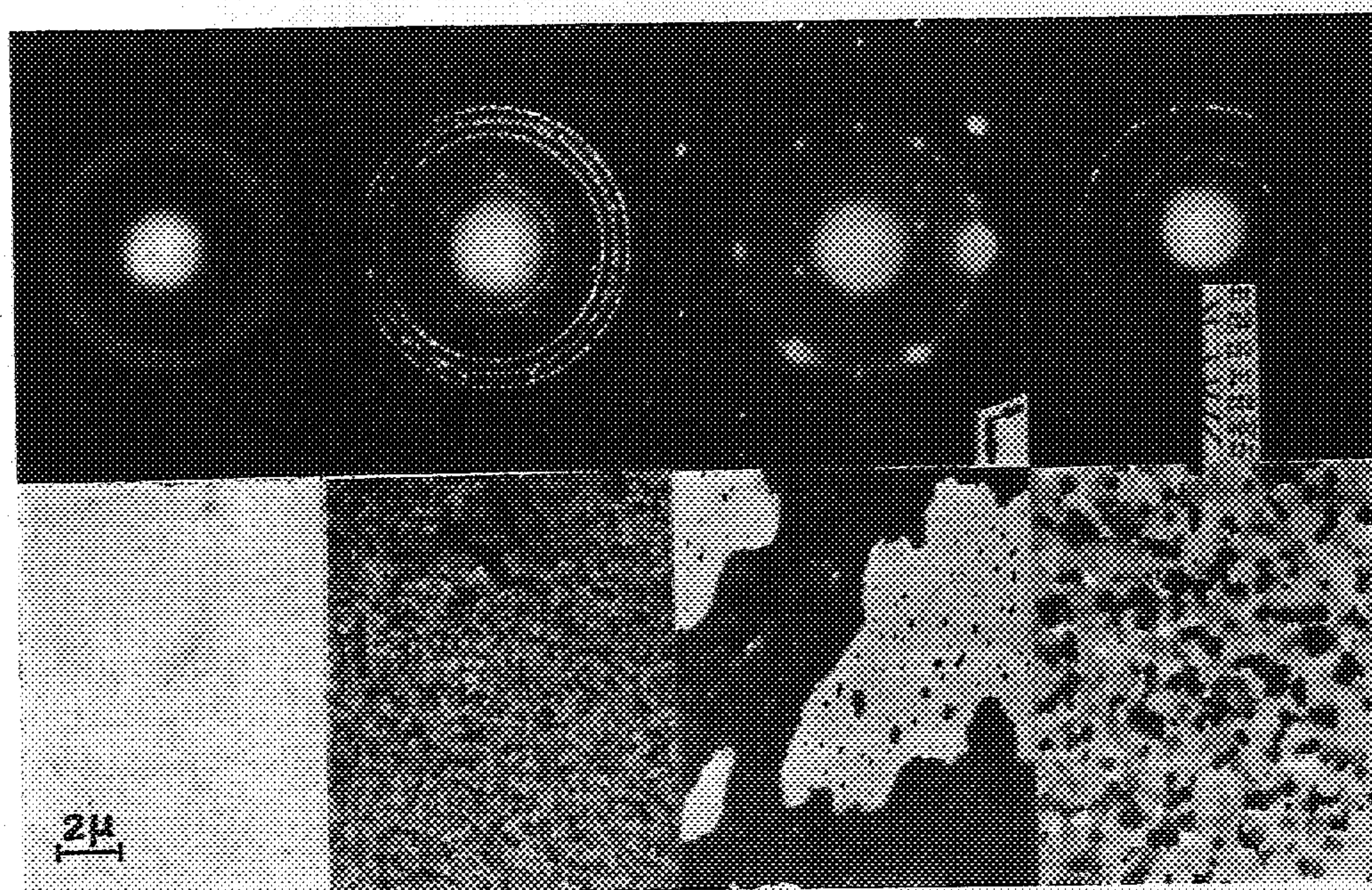


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4

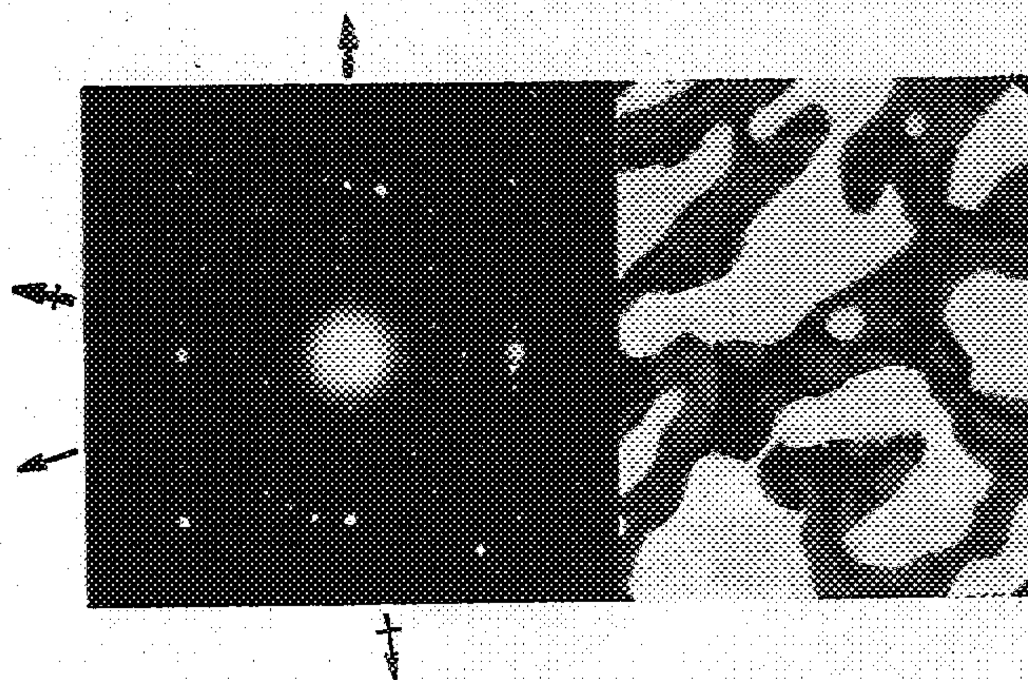


Fig. 5.

Fig. 1. — État initial. Fig. 2. — Même que fig. 1. Après chauffage 250° C, 20 mn. Fig. 3. — Même que fig. 1. Après chauffage 450° C, 40 mn. Fig. 4 — Même que fig. 1. Après chauffage 250° C, 40 mn. Fig. 5. — Même que fig. 1. Après chauffage 300° C, 40 mn. Les grosses flèches sur les figures 3 et 5 indiquent la direction [110] Cu_9Al_4 et les fines [012] Cu_9Al_4. Deux configurations de cristal unique se produisent.

Un film de 50/50 Al-Cu (en poids) est évaporé sous vide sur une surface fraîchement clivée de sel gemme à la température ambiante. Le film, d'épais-

seur environ 300 Å, est détaché par dissolution dans l'eau distillée du support; il est ensuite chauffé dans le vide de l'appareil (10^{-4} mm Hg environ). Pour chaque température choisie, on prend un cliché de microscopie électronique et de micro-diffraction :

1° Le film témoin, avant chauffage, montre un diagramme d'anneaux correspondant au réseau c. f. c., à l'exception de l'anneau diffus (200) [1]. La microscopie électronique ne montre qu'une plage uniforme (*fig.* 1).

2° Vers 200° C, la phase θ apparaît et les anneaux de $CuAl_2$ sont nettement visibles. La microscopie électronique montre de nombreux points noirs sur l'image.

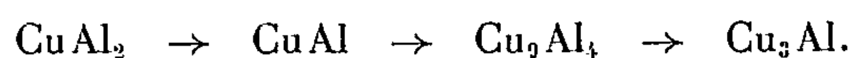
3° Après chauffage prolongé, les anneaux de $CuAl_2$ deviennent de plus en plus ponctués, ce qui provient de la croissance des cristallites; en outre, quelques taches nouvelles de diffraction correspondent sans doute, à l'apparition de cristaux uniques de la phase CuAl. L'image électronique se compose de domaines dont les plus grands montrent nettement la présence de franges électroniques (*fig.* 2).

4° En continuant le chauffage, les taches de diffraction du cristal unique Cu_9Al_4 remplacent les anneaux ponctués précédents. L'orientation est telle que le plan $(22\bar{1})$ est parallèle à la surface du film, comme nous l'avons montré antérieurement [2]. L'image électronique au même point se simplifie en deux zones noires et blanches (*fig.* 3). Les franges sont très visibles dans des conditions convenables (*fig.* 5).

5° La figure 4 montre un cas où l'on reconnaît l'évolution de la phase β (Cu_3Al), où apparaît la surstructure du type Fe_3Al [3].

6° A température plus élevée (600° C) par exemple, on atteint une dernière phase, inconnue jusqu'ici, mais toujours la même.

Les températures indiquées ci-dessus ne sont pas parfaitement définies, mais peuvent varier dans une certaine mesure selon les conditions du chauffage, comme nous l'avions montré autrefois [1]. Cependant, dans une série d'expériences, on peut considérer que chaque phase se manifeste d'une façon régulière avec l'élévation de température. L'ordre de succession des phases ne s'accorde pas avec celui que l'on peut tirer du diagramme d'équilibre; dans nos expériences (alliage 50/50 AlCu en poids), il semble que la succession ait lieu suivant le schéma :



$$CuAl_2 \rightarrow CuAl \rightarrow Cu_9Al_4 \rightarrow Cu_3Al.$$

(3) P. MICHEL, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 820.

MÉTROLOGIE OPTIQUE. — *Interférences optiques à un mètre de différence de marche.* Note de MM. **Jean Terrien** et **Jean Hamon**, présentée par M. André Danjon.

Grâce à la préparation artificielle d'éléments mononuclides et à la séparation des isotopes des éléments naturels, on sait produire depuis une dizaine d'années des radiations monochromatiques d'une grande finesse. Les interférences des radiations du mercure 198 ont été observées visuellement à une différence de marche de 50 cm, celles du krypton 86 ou 84 à 75 ou 80 cm.

Une de ces radiations étant envisagée comme étalon de référence pour une nouvelle définition du Mètre, le problème de la production d'interférences à un mètre de différence de marche revêt maintenant une importance particulière.

La longueur de cohérence d'un train d'ondes étant théoriquement proportionnelle à la longueur d'onde pour une raie dont la largeur est due principalement à l'effet Doppler-Fizeau, on pouvait espérer atteindre le mètre par interférences en opérant dans le proche infrarouge, ce que l'on peut faire avec les mêmes appareils en substituant à l'œil des plaques photographiques sensibilisées pour ce domaine spectral.

Jusqu'ici, les essais que nous avons faits au Bureau International des Poids et Mesures avec la radiation 1,0147 μ de mercure 198 n'avaient pas permis de dépasser 50 cm. Ayant reçu de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Brunswick) une lampe à krypton 86 fonctionnant au point triple de l'azote (63,14°K), nous avons essayé d'abord sans grand succès, au moyen de l'interféromètre de Michelson, les radiations 0,8777 et 0,9752 μ émises par cette lampe. Enfin, nous avons réussi à photographier des anneaux à l'infini à des différences de marche successives de 75, 85, 95 et 100 cm avec la radiation moins intense 0,9856 μ.

Après quelques améliorations instrumentales destinées à faciliter les réglages actuellement pénibles avec les radiations invisibles, nous étudierons cette dernière radiation et quelques autres, et mesurerons leur longueur d'onde par comparaison directe à la radiation rouge du cadmium, afin qu'elles puissent rendre à la Métrologie optique des longueurs les précieux services que l'on est en droit d'en attendre.

En particulier, il deviendra possible de comparer en une seule opération la longueur d'une règle à traits de 1 m à une longueur d'onde optique, par la méthode exposée dans une Note récente [1], ou par la méthode de Ch. Volet et N. Cabrera citée dans cette Note.

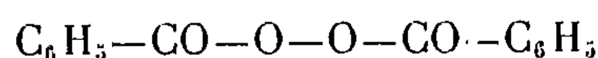
---

(1) J. Terrien, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1001.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Induction de l'oxydation de l'éther benzylique liquide par des radicaux libres.* Note (*) de M. **Louis Debiais**, Mlle **Patricia Horstmann**, MM. **Michel Niclause** et **Maurice Letort**, présentée par M. Paul Pascal.

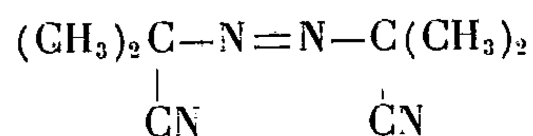
1. Dans une Note récente ([1]), la cinétique d'oxydation photochimique de l'éther benzylique a été étudiée.

Afin de confirmer le mécanisme d'oxydation proposé, il nous a paru intéressant de substituer à l'initiation photochimique, une initiation thermique, en faisant appel à des inducteurs tels que le peroxyde de benzoyle (P. B.) :



$$C_6H_5-CO-O-O-CO-C_6H_5$$

ou l'azo-di-isobutyronitrile (A. Z. D. N.) :



$$(CH_3)_2C(CN)-N=N-C(CN)(CH_3)_2$$

qui se dissocient facilement en radicaux libres.

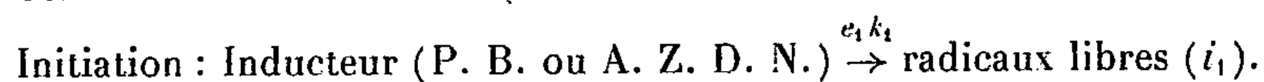
La cinétique de ces deux réactions d'oxydation induite a été étudiée par la méthode utilisée précédemment ([1]). Nos expériences ont été effectuées entre 35 et 65°C, sur l'éther benzylique liquide, à des pressions d'oxygène comprises entre 25 et 500 mm Hg et à des concentrations d'inducteur comprises entre 10^{-2} et 10^{-1} mole.litre^{-1}.

Dans ces conditions expérimentales, la vitesse de la réaction thermique pure est négligeable devant celle de l'oxydation induite; cette dernière est indépendante de la pression d'oxygène et proportionnelle à la racine carrée de la concentration en inducteur (P. B. ou A. Z. D. N.); les énergies d'activation d'Arrhénius valent :

(I) $E_{PB} = 23 \pm 1$ Kcal (inducteur = peroxyde de benzoyle)

(II) $E_{AZDN} = 22,3 \pm 1$ Kcal (inducteur = azo-di-isobutyronitrile)

2. Ces résultats peuvent s'interpréter par un mécanisme en chaînes, qui ne diffère de celui de photo-oxydation ([1]) que par le processus d'initiation, qui, ici, s'écrit :



Initiation : Inducteur (P. B. ou A. Z. D. N.) $\xrightarrow{e_1 k_1}$ radicaux libres (i_1).

Lorsque la pression d'oxygène est suffisante, la vitesse d'oxydation induite, calculée à partir de ce mécanisme, s'écrit :

(III) $$V = \frac{k_3}{(2k_6)^{\frac{1}{2}}} e_1^{\frac{1}{2}} k_1^{\frac{1}{2}} (\text{Inducteur})^{\frac{1}{2}} (\text{Éther})$$

(*) Séance du 18 août 1954.

([1]) L. Debiais, M. Niclause et M. Letort, *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 539.

en désignant par e_1 l'efficacité de l'initiation, c'est-à-dire le rapport du nombre de chaînes initiées au nombre de molécules d'inducteur décomposées ($e_1 \leq 2$) et par k_1 la constante de vitesse de la décomposition monomoléculaire de l'inducteur employé.

La relation théorique (III) est en accord avec les résultats expérimentaux.

Les énergies d'activation globales E mesurées représenteraient donc la somme algébrique :

$$\text{(IV)} \qquad E = \frac{1}{2}E_1 + \left(E_3 - \frac{1}{2}E_6\right).$$

Or, l'étude de la photo-oxydation ([1]) montre que l'on a :

$$\text{(V)} \qquad E_3 - \frac{1}{2}E_6 = 6,8 \pm 0,5 \text{ Kcal}.$$

Les relations (I), (II), (IV) et (V) permettent de calculer les énergies d'activation E_1 des processus de décomposition monomoléculaire des inducteurs :

$E_{1PB} = 32 \pm 3$ Kcal pour le peroxyde de benzoyle

$E_{1AZDN} = 31 \pm 3$ Kcal pour l'azo-di-isobutyronitrile.

Ces valeurs sont en bon accord avec les déterminations directes les plus récentes ([2]) :

$E_{1PB} \simeq 30$ à 32 Kcal,

$E_{1AZDN} \simeq 31$ Kcal.

Ces expériences d'oxydation induite permettent donc de recouper à la fois le mécanisme de photo-oxydation et les mesures directes des énergies d'activation des processus de décomposition monomoléculaire des inducteurs utilisés.

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur l'azote dans les résines de polycondensation phénol-formol-hexamétylènetétramine.* Note (*) de MM. **Pierre Hamard** et **Léon Jacqué**, présentée par M. Jacques Duclaux.

L'étude analytique des résines industrielles phénoplastes durcies à l'hexamétylène-tétramine conduit à mettre en évidence des teneurs limites en azote chimiquement lié.

Une étude critique du dosage de l'azote sous les diverses formes sous lesquelles il est compris dans les résines industrielles phénoplastes du type phénol-formol-hexaméthylènetétramine nous a révélé la présence de

---

([2]) *cf.* par ex. : C. E. H. Bawn et S. F. Mellish, *Trans. Far. Soc.*, 47, 1951, p. 1216.

(*) Séance du 9 août 1954.

proportions souvent importantes d'azote chimiquement lié [1]. Ce dernier est évidemment fourni par l'hexaméthylènetétramine (par abréviation « hexa ») utilisée comme « agent de condensation » [2] dans la cuisson de la résine primaire phénol-formol.

La présence d'azote s'accorde avec les résultats obtenus par plusieurs auteurs [3], [4], non sur les résines du type industriel mais sur les substances cristallisables extraites des produits de condensation directe sur l'hexa *seule* de divers phénols substitués. Leurs résultats ayant été obtenus dans des conditions très différentes de la pratique industrielle, nous avons examiné l'évolution des teneurs en azote lorsqu'on soumet à la polycondensation, avec des proportions croissantes d'hexa pure, une résine primaire phénol-formol à condensation acide.

Une résine technique de « point de goutte » 98° a été broyée avec des proportions d'hexa allant de 0 à 100 % de son poids; après une précuisson de 20 mn à 100° et une nouvelle homogénéisation bar broyage, la polycondensation finale a été faite par cuisson de 3 h à 180° à l'air libre L'analyse a été effectuée suivant la méthode déjà décrite [1]. Les résultats sont résumés par le graphique dont on peut dégager les conclusions suivantes valables pour les conditions de nos essais.

1. L'azote chimiquement lié qui, jusqu'à 25-30% d'hexa ajouté, augmente presque proportionnellement, tend ensuite rapidement vers une limite de 9 g environ d'azote fixé pour 100 g de résine primaire mise en œuvre, soit 7 à 8 % d'azote dans le produit lavé (courbe *a*).

2. L'azote des composés solubles dans l'eau inclus dans la résine (NH_3, hexa, par exemple) reste négligeable tant que l'hexa ajouté ne dépasse pas 25 à 30 %. Il augmente ensuite régulièrement (intervalle courbe *a*, courbe *b*), le total (azote fixé + azote solubilisable) étant sensiblement, sauf pour les faibles teneurs, proportionnel à l'hexa ajouté. Le chiffre de 25-30 % apparaît donc comme un seuil de saturation en azote lié dans les conditions de nos essais.

3. Par différence, le graphique fait apparaître l'azote volatilisé au cours des cuissons (intervalle courbe *b*, courbe *c*).

4. Au-dessous de l'axe des abscisses, nous avons représenté (courbe *d*) les pertes de poids, observées à partir de 100 g de résine + x g d'hexa. Nous avons porté sur la courbe *e*, pour comparaison, les quantités d'hexa qui correspondraient aux pertes d'azote par volatilisation. On observe

---

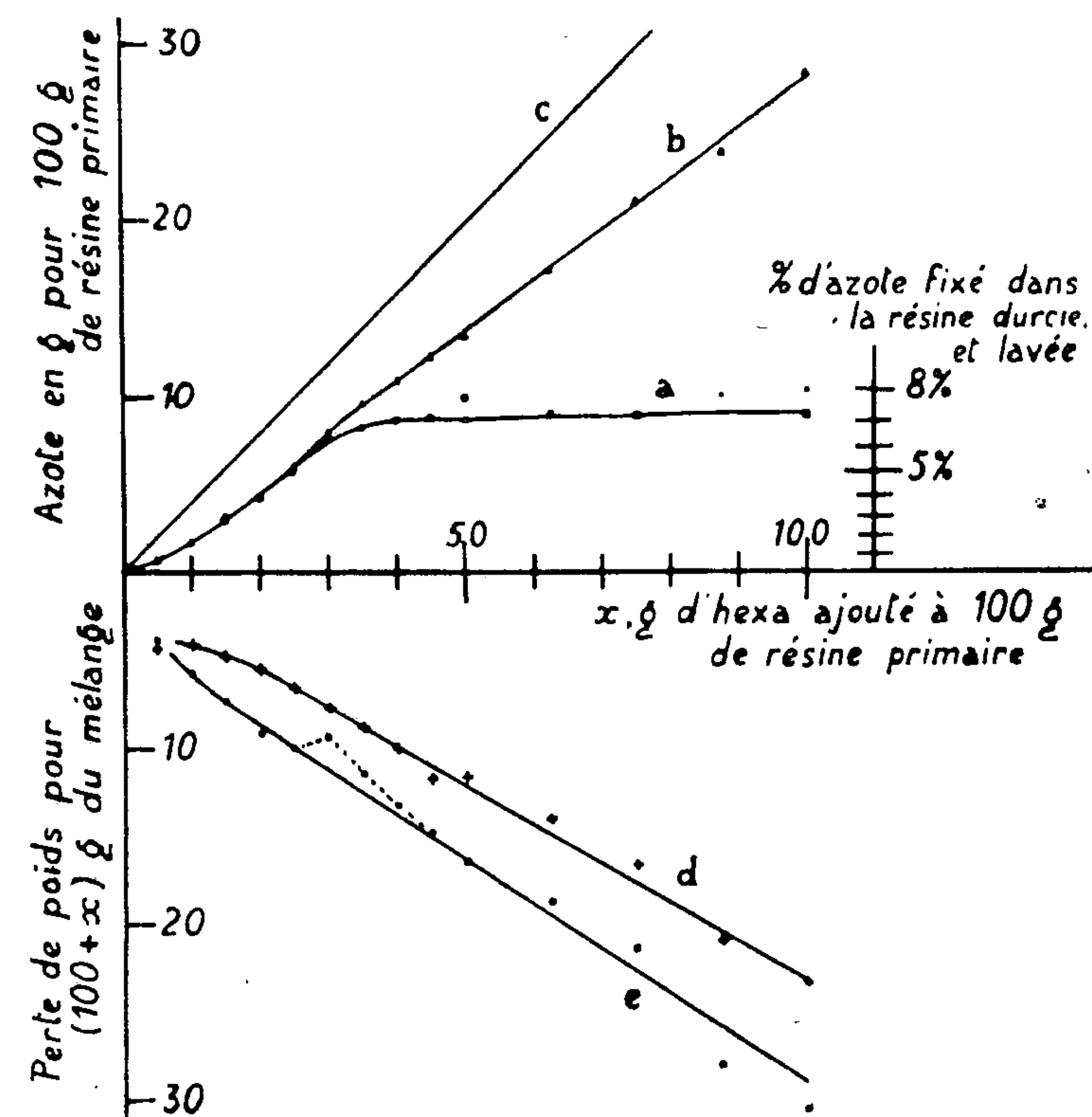
(1) P. Hamard et L. Jacqué, *Chimie et Industrie*, **71**, 1954, p. 904.

(2) Le terme de « catalyseur », parfois employé, semble particulièrement impropre.

(3) A. Zinke et F. Hanus, *Mh. Chem.*, **78**, 1947, p. 311, bibliographie d'ensemble dans *Fette u. Seifen*, **10**, 1950, p. 588 et dans (4).

(4) K. Hültzsch, *Chemie d. Phenolharze*, Springer V., Berlin, 1950, p. 87.

qu'au moins à partir de 5% d'hexa, la quantité calculée est toujours supérieure au poids réellement perdu, ce qui suggère une fixation dans le produit final de restes non azotés provenant des molécules d'hexa, comme dans les réactions observées à partir de phénols et d'hexa seuls par les auteurs déjà cités.



Pour compléter les indications de la figure, le tableau ci-dessous présente des résultats moyens d'analyses élémentaires, avec dosage direct d'oxygène, que nous avons fait faire sur la résine primaire et sur ses produits de réaction, au delà du seuil de saturation (« azote soluble » éliminé).

Hexa ajouté (%)	0 (résine initiale).	45.	75.	100.
Carbone	77,15	72,79	72,33	72,3
Hydrogène	5,97	6,27	6,06	5,98
Oxygène	17,05	13,75	14,70	14,65
Azote	traces	6,98	6,93	7,21

Il serait intéressant de préciser si les atomes d'azote chimiquement liés se trouvent en pont entre les noyaux ou sur des chaînes latérales.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le système graphite-brome.*
Note de M. **Albert Hérold**, transmise par M. Louis Hackspill.

On a mesuré les quantités de brome fixées suivant la température par des échantillons de graphite soumis à une pression constante de vapeur de brome. Les courbes représentatives mettent en évidence les composés C_8Br pour les graphites naturels, et $C_{10}Br$ pour les graphites artificiels. Elles possèdent un long palier inférieur correspondant à des « composés résiduels » très stables, mais auxquels il paraît difficile d'attribuer une formule simple.

Dans un travail paru en 1941 (1), W. Rüdorff a confirmé une observation de A. Frenzel (2) datant de 1933 : plongé dans la vapeur saturante de brome, le graphite gonfle sans changer d'aspect en fixant un atome de brome pour 8 atomes de carbone. Le produit obtenu perd son brome à l'air libre. Rüdorff a montré à l'aide des rayons X, qu'il y a insertion du brome entre les feuillets du graphite, dont l'écartement passe de 3,5 à 7.05 Å.

Nous avons étudié le système graphite-brome, à l'aide des techniques déjà appliquées au système graphite-potassium (3). On fait agir, dans un appareil en pyrex, la vapeur émise par une masse de brome liquide maintenue à la température t_1, voisine de l'ambiante, sur du graphite maintenu à une température plus élevée t_2. Après établissement de l'équilibre, on détermine la quantité de brome fixée par le graphite. Pour ce faire, on a d'abord opéré par pesée des ampoules contenant les échantillons de graphite, qui étaient reliées au reste de l'appareil par des joints rodés lubrifiés aux silicones. Par la suite, il a paru plus commode d'utiliser comme ampoule à brome un tube calibré et d'y mesurer les variations de niveau du liquide.

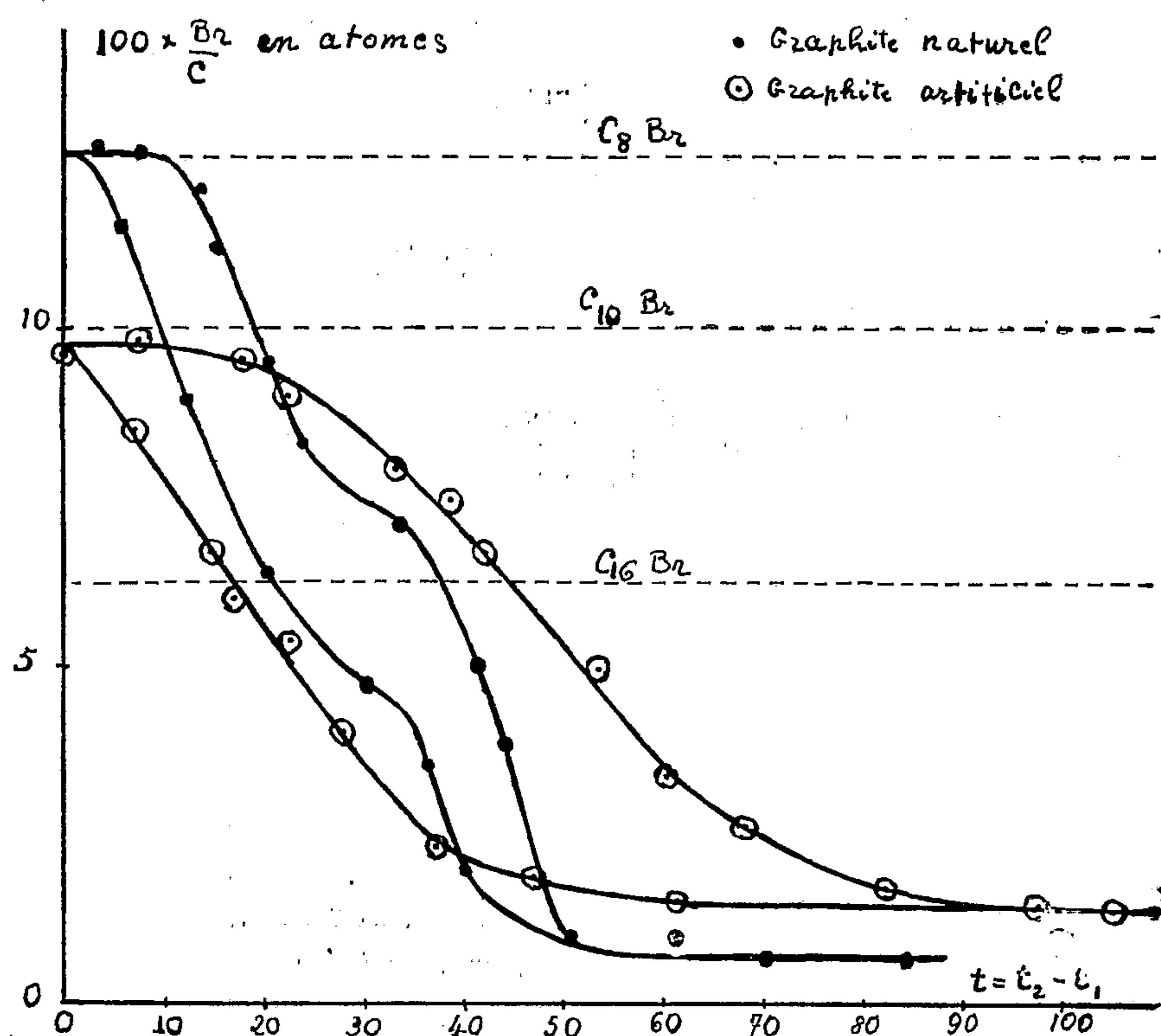
Nos mesures ont porté sur trois échantillons de graphite naturel (deux de Ceylan, l'un brillant, l'autre terne, et un de Madagascar), et sur trois échantillons de graphite artificiel (graphites de la Compagnie Savoie-Acheson, du Carbone Lorraine, du Commissariat à l'Énergie atomique). Les courbes reproduites ci-après se rapportent au premier échantillon de chaque groupe. On a porté en abscisse la différence de température $t = t_2 - t_1$ entre le graphite et le brome liquide, et en ordonnée le rapport Br/C en atomes.

Les courbes montrent que ce dernier prend des valeurs différentes suivant qu'on opère par décomposition d'un produit riche en brome, ou, au contraire par fixation de brome sur un produit plus pauvre. Les écarts, qui varient d'un échantillon à l'autre, sont plus importants pour les graphites artificiels que pour les graphites naturels.

Par ailleurs les produits-limites obtenus pour $t_2 = t_1$ répondent sensiblement à la formule C_8Br pour les graphites naturels et $C_{10}Br$ pour les graphites

(1) *Z. anorg. Chem.*, 245, 1941, p. 383.
(2) *Diss. T. H.*, Berlin, 1933.
(3) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 838.

artificiels. Nous n'avions pas observé cette différence pour les composés graphite-métaux alcalins. Elle doit trouver son explication dans l'existence de deux structures distinctes pour le graphite.



Les courbes relatives aux graphites naturels amorcent, de façon plus ou moins nette, un palier sur chacune de leurs branches. Ces paliers pourraient marquer l'existence d'un composé peu stable, de formule $C_{16}Br$ dans lequel la moitié seulement des intervalles entre les feuillets de graphite seraient saturés de brome : ceci s'accorderait avec les observations déjà faites aux rayons X.

Enfin, contrairement à ce qui a lieu avec les métaux alcalins, les courbes possèdent un long palier inférieur, qui n'a pu être représenté en entier. Les « composés résiduels » correspondants, déjà signalés par Henning (¹) sont très stables : chauffés à 100° dans un courant d'air, ils ne perdent pratiquement pas de brome. Au rouge, il y a départ de brome et de composés bromés du carbone. Il ne semble pas que l'on puisse attribuer une formule simple à ces produits, car leur composition varie fortement d'un échantillon de graphite à l'autre.

(¹) *J. Chem. Phys.*, 20, 1952, p. 1438.

AGRONOMIE. — *Anomalies pigmentaires et morphologiques chez le* Vitis vinifera *L.* Note de M. PIERRE-MARCEL DURQUÉTY, présentée par M. René Souèges.

Un grand nombre de plantes mères appartenant à différents cépages de l'espèce *Vitis vinifera* L., cultivés dans le sud-ouest de la France, donnent par semis de 2 à 40 % de plantules à cotylédons ou à premières feuilles mosaïquées. Ces plantules présentent, en comparaison avec les plantules à cotylédons et à premières feuilles vertes, des anomalies de tout ordre. Le semis permettrait d'obtenir des plantes normales.

De 1949 à 1953, nous avons poursuivi des autofécondations et des croisements à l'intérieur de l'espèce *Vitis vinifera* L. greffée sur 420 A (hybride interspécifique entre *Vitis riparia* Michx et *V. Berlandieri* Planch.). Après stratification naturelle dans du sable de rivière, les pépins sont semés en serre froide, dans du terreau mélangé de sable de rivière ou dans du sable de mer. Fin mars, les plantules sortent de terre. Une mosaïque constituée de fines ponctuations et de traînées chlorotiques, apparue sur les cotylédons (*fig.* 1) ou sur les premières feuilles, a retenu notre attention. Elle est visible dans les descendances d'un grand nombre de cépages : petit Verdau, gros Verdau, Merlau rouge, Merlau blanc, Cot, Négral, Muscadelle, Colombard, Lignan, Duras, Camaralet, Sauvignon. Pour un même cépage, elle apparaît dans les descendances d'un grand nombre de plantes mères : 98 % chez le petit Verdau, 92 % chez le Merlau rouge, 90 % chez le Cot. Ces plantules présentent :

Des anomalies chlorophylliennes se caractérisant par des mosaïques et par des panachures : mosaïque ponctiforme : ponctuations chlorotiques diffuses avec parfois des nécroses centrales; mosaïque de taches diffuses; mosaïque réticulée : décolorations chlorotiques du limbe plns ou moins diffuses, situées le long des nervures; mosaïque de taches chlorotiques à contour limité par les nervures; mosaïque de traînées chlorotiques à surface plus ou moins importantes. Ces traînées sont quelquefois chlorophylliennes et se caractérisent alors seulement par une trame des nervures d'ordre III et IV resserrée et irrégulière. Panachure jaune : zones de couleur jaune mat, alternant avec des zones de couleur verte normale; panachure blanche : zones à déficience chlorophyllienne totale alternant avec des zones de couleur vert pâle et des zones de couleur verte normale; panachure verte; zone de couleur vert pâle alternant avec des zones de couleur verte; panachure semblable à celle définie par M. Branas dans la dégénérescence infectieuse. Ces mosaïques et ces panachures apparaissent sur une, sur quelques, ou sur la totalité des feuilles de la plante, en position quelconque. Les panachures sont très rares. Les mosaïques sont fréquentes : mosaïque ponctiforme et réticulée dans la descendance de Merlau rouge, mosaïque de taches et de traînées chlorotiques dans la descendance de Petit Verdau.

Des anomalies morphologiques portant sur la feuille et sur le sarment. — La feuille peut être résorbée. La résorption du limbe concorde le plus souvent avec les

traînées et les taches chlorotiques des mosaïques envisagées et les zones vert pâle du type de panachure correspondant. Cette résorption conduit à l'asymétrie foliaire (*fig.* 2), à la palmette foliaire, à la lame foliaire (*fig.* 3 et 4), à la résorption totale du limbe : la feuille disparaît dès son apparition par nécrose totale du

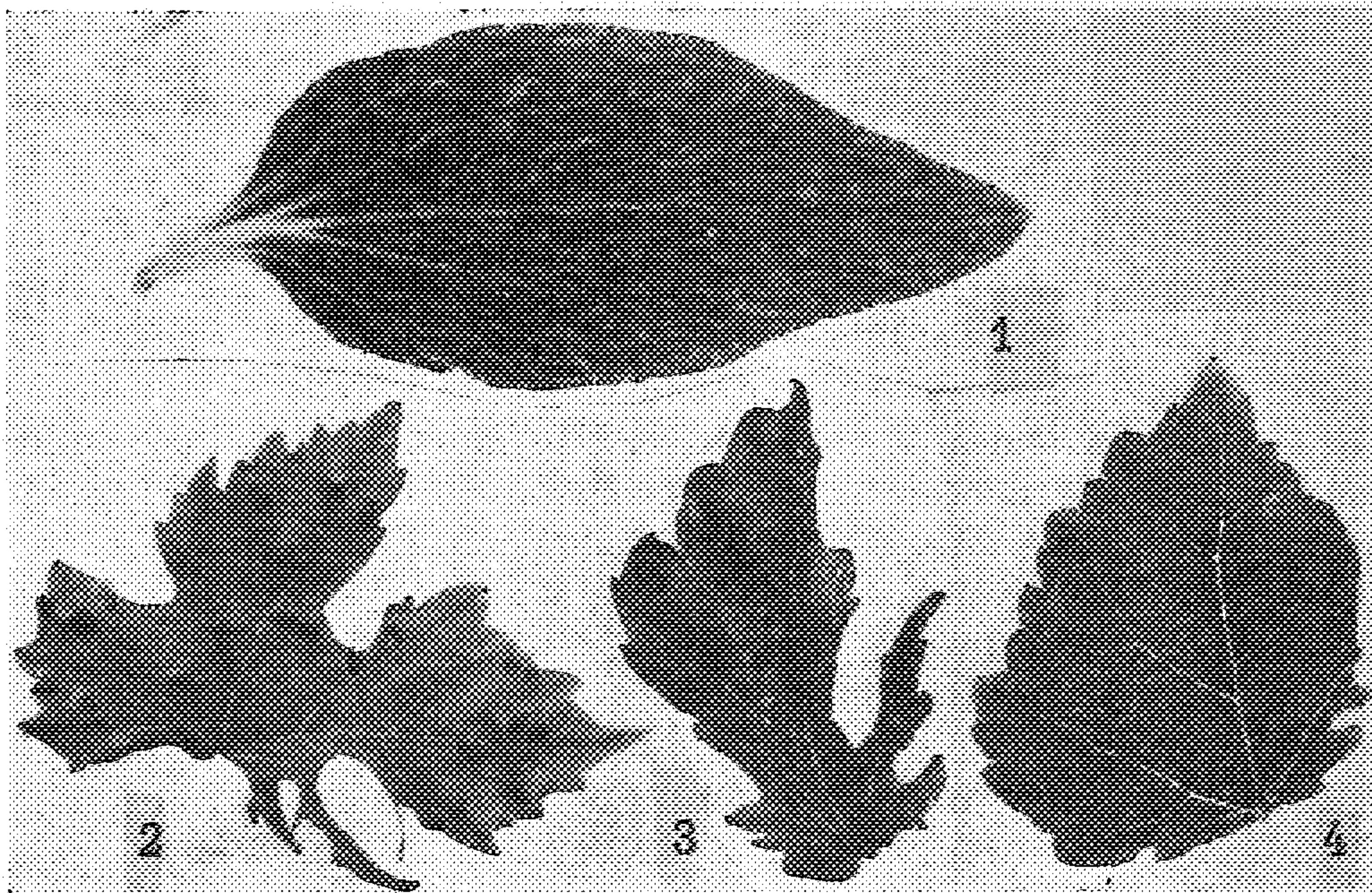


Fig. 1. — Cotylédon de petit Verdau avec mosaïque chlorotique (× 3). Fig. 2. — Asymétrie foliaire. La résorption du limbe concorde avec une traînée chlorotique. Fig. 3 — Lame foliaire. La résorption concorde avec des traînées chlorotiques. Fig. 4. — Lame foliaire. Résorption sans anomalie pigmentaire.

limbe. La feuille peut, au contraire, étendre sa surface assimilatrice. Le limbe a tendance à se dédoubler. Ces morphoses anormales se présentent en position quelconque sur le limbe et quelle que soit la position de la feuille sur la plante. Les plantes présentant des anomalies morphologiques de la feuille et du sarment, c'est-à-dire : vrille déplacée, vrille en position normale ou déplacée transformée en rameau feuillé, double nœud, fasciation, fourche.

Évolution des plantules d'une même descendance. — Certaines plantules présentent au même instant de leur développement le caractère initial : la mosaïque, puis les mêmes caractères secondaires : anomalies pigmentaires et morphologiques. Une partie se développe en conservant d'une année à l'autre les symptômes remarqués au cours de la première année. Un certain nombre, par contre, conserve un certain temps les caractère initiaux. Puis à une époque, variable avec la plante envisagée et qui coïncide avec le début d'une année végétative, la plante voit : — soit sa vitesse de croissance décroître par rapport à celle de l'année précédente, en même temps qu'elle prend une allure rabougrie; tous les entrenœuds deviennent courts, toutes les surfaces foliaires sont

réduites; — soit sa vitesse de croissance conservée; nous avons alors une plante à morphogenèse et à vigueur normales. Dans la même descendance, à côté de 2 à 40 % de plantules à cotylédons mosaïqués, on observe un grand nombre de plantules à cotylédons uniformément verts. De rares plantes présentent à certains moments des anomalies du sarment et des tendances au dédoublement foliaire. La majorité se développe normalement.

Nous retiendrons de ces quelques observations portant sur des cépages-populations : 1° que la presque totalité (90 à 100 %) des pieds-mères donnent des plantules mosaïquées dans leur descendance sexuée; 2° que les plantules à cotylédons ou à premières feuilles mosaïqués présentent obligatoirement par la suite des dérèglements pigmentaires ou morphogénétiques; 3° que parmi les les plantules à cotylédons verts et à premières feuilles vertes, un petit nombre présente par la suite quelques anomalies, alors que la majorité demeure normale. Il doit donc être possible d'obtenir des plantes à morphogenèse entièrement normale par la pratique du semis.

MYCOLOGIE. — *Influence de la forme ensemencée sur le développement et le comportement métabolique de* Pullularia pullulans *(de Bary et Löw) Berkhout en présence de nitrate de sodium.* Note de M. **Philippe Jacques Luteraan**, présentée par M. Roger Heim.

Le développement de *Pullularia pullulans*, en présence de nitrate de sodium, est beaucoup plus lent et la consommation de glucose beaucoup plus forte à partir d'un état *chlamydosporé* qu'à partir d'un état végétatif *Dematium*. L'adjonction de faibles quantités de cystéine au nitrate modifie d'une façon différente le développement à partir de chacune de ces formes.

Pullularia pullulans est probablement la plus polymorphe des Dématiées et, comme l'a indiqué Planchon ([1]), particulièrement apte à réagir par des modifications de forme à l'influence de milieux chimiques. Nous utilisons deux de ces formes : *a.* un état végétatif *Dematium* (D) que nous obtenons par culture sur milieu équilibré en azote et convenablement aéré; *b.* un état de spores durables ou *chlamydospores* (C) que nous obtenons à l'état pur par culture sur milieu glucosé sans azote d'autant plus facilement que le milieu est moins aéré. La forme *Dematium* se développe en surface du milieu liquide, au contraire la forme *chlamydosporée* croît au contact du fond du récipient de culture et y adhère sous forme d'une masse mucilagineuse emprisonnant les chlamydospores à paroi épaisse et pigmentée; avec 100 cm^3 de milieu sans azote, nous obtenons 30-60 mg de poids sec ayant une teneur en azote total de 1 %, qui paraît être minimum; en ajoutant de l'azote à ce milieu, les chlamydospores germent et produisent ensuite un état végétatif qui peut être une forme

([1]) *Thèse Fac. Sc.*, Paris, 1900.

Dematium, levuriforme ou mycélienne pure, etc., en même temps que le champignon devient exigeant en oxygène.

Nous ensemençons chacune de ces formes (D et C) dans 100 cm³ de milieu en boîtes de Roux de 1 l; la concentration initiale en azote est de N/18,75, en glucose de M/3,75; le milieu renferme les éléments minéraux nécessaires plus des facteurs de croissance sous forme d'aneurine et de nicotinamide; la durée de culture est de 7 jours à 26° C; le pH initial de 3,9 atteint 4,8 en fin de culture. L'azote nitrique constitue la source azotée principale; on y ajoute ou non de la cystéine à une concentration M/300 :

Forme ensemencée.	Source azotée.	Poids sec (mg).	Glucose consommé / Poids sec.	Azote total du poids sec (%).
D.	Nitrate de sodium	651	7,2	4,3
	Id + cystéine M/300	488	5,3	4,2
C.	Nitrate de sodium	151	10,5	5,5
	Id + cystéine M/300	264	6,5	5,3

Au point de vue morphologique, on obtient, à partir de la forme *Dematium*, le développement en surface d'une forme assez voisine de la forme ensemencée et qui se pigmente progressivement; la cystéine freine le développement en surface, l'apparition de pigment et de mycélium. A partir de chlamydospores, on obtient au contraire un état levuriforme avec faible développement en surface et sans pigment; la cystéine ici favorise le développement en surface, l'apparition de pigment et de mycélium. Cette variation d'états morphologiques s'accompagne d'une grande différence dans les récoltes qui sont plus de quatre fois supérieures à partir de la forme *Dematium*; en présence de cystéine, cet écart diminue : la récolte à partir de la forme *Dematium* est abaissée de 25 % tandis qu'elle est augmentée de 75 % à partir de chlamydospores. Enfin, se superposant aux différences constatées dans la morphogénèse et dans la croissance, des variations de consommation relative de glucose reflètent des différences existant dans le comportement métabolique. Le rapport glucose consommé/poids sec, qui est toujours plus élevé en présence de nitrate que d'une source aminée ou ammoniacale, l'est particulièrement avec ce champignon bien qu'il ne fasse pas fermenter ce sucre en anaérobiose. Ce rapport est plus élevé, d'environ un tiers, avec le nitrate de sodium qu'avec le sulfate d'ammonium, et plus élevé, d'environ un tiers, avec une culture à partir de chlamydospores qu'avec celle réalisée en partant d'un état *Dematium*. La cystéine ajoutée au nitrate agit d'une façon semblable dans les deux cas en abaissant le rapport glucose consommé/poids sec de 26 % dans une culture à partir de la forme *Dematium*, de 38 % dans celle à partir de chlamydospores. Ainsi l'ensemencement sur un milieu au nitrate de ces deux formes différentes entraîne une morphogénèse, une croissance et une consommation de glucose différentes et aux états morphologiques nouvellement édifiés corres-

pondent des caractères propres de croissance en surface, de pigmentation et de métabolisme.

Si à cette influence du nitrate, on compare celle d'une source aminée ou ammoniacale, par exemple du sulfate d'ammonium, on constate que les différences de morphogenèse à partir des deux formes envisagées sont bien moindres; on obtient alors toujours une forme mycélienne pratiquement pure; les différences de récolte s'expliquent alors partiellement par le temps nécessaire à la germination des chlamydospores; enfin, si, en partant de celles-ci, on fait agir la cystéine en présence de sulfate d'ammonium, la croissance est freinée et le rapport glucose consommé/poids sec s'élève; on retrouve dans ce cas l'effet inhibiteur bien connu de la cystéine à l'égard de nombreux champignons.

Nous avons choisi la cystéine de préférence à d'autres substances aminées pour l'associer au nitrate, en raison d'une part de sa structure, d'autre part du fait qu'elle ne peut servir de source d'azote unique pour notre champignon dont la forme chlamydospores s'est révélée particulièrement sensible à son influence. D'autres expériences montrent : 1° que la cystéine exerce encore son action à une concentration M/1200 (ce qui écarte l'hypothèse qu'elle agirait en tant qu'aliment azoté); 2° que cette action reste similaire en présence de nitrate lorsqu'on restreint l'aération des cultures en remplaçant les boîtes de Roux par des Erlenmeyer de 300 cm³, bien que la croissance soit alors fortement diminuée. Finalement, l'emploi de la cystéine nous a permis de nous assurer que le nitrate fait consommer davantage de glucose qu'il n'est nécessaire pour permettre sa réduction en azote aminé puisque la cystéine, dans une culture à partir de chlamydospores, peut ramener le rapport glucose consommé/poids sec à une valeur voisine de celle trouvée avec une source aminée ou ammoniacale sans empêcher l'utilisation du nitrate de se poursuivre.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Préparation de nouveaux dérivés iodés de la* DL-*thyronine* (Th). Note (*) de MM. **Jean Roche**, **Raymond Michel** et **Walter Wolf**, transmise par M. Maurice Javillier.

La déshalogénation catalytique totale de la DL-3.5.3'.5'-tétraiodo Th (thyroxine) conduit à la DL-Th, mais l'ioduration directe de celle-ci n'a pas permis de régénérer la première (1), (2), (3). Nous avons préparé diverses iodothyronines nouvelles afin d'étudier par la suite leurs propriétés biologiques comparativement à celles des hormones thyroïdiennes (L-3.5.3'-triiodo Th et L-3.5.3'.5'-tétraiodo Th).

I. Préparation de la DL-3-monoiodothyronine. — 525 mg de DL-3.5-diiodo Th dissous dans 5 ml d'ammoniaque (conc.) et 30 ml d'éthanol (95°) sont hydro-

(*) Séance du 2 août 1954.

(1) C. R. Harington et G. Barger, *Biochem. J.*, 21, 1927, p. 169.

(2) P. Block et G. Powell, *J. amer. chem. soc.*, 64, 1942, p. 1070.

(3) E. T. Borrows, J. C. Clayton et B. A. Hems, *J. chem. soc.*, 1949, p. 185.

génés par Ni de Raney (p et t° ord.) pendant 30 mn (absorption de H_2 de 30 % théor.). Après filtration et concentration sous vide, on dissout dans 25 ml HCl 2 N, à ébullition. Le chlorhydrate de la DL-3-monoiodo Th, $C_{15}H_{14}O_4NI.HCl$, se sépare au refroidissement dans un état voisin de la pureté (I % = 30,3; théor. 29,2). 160 mg de ce produit, lavé à l'eau, sont mis en suspension dans 5 ml H_2O et portés à pH 11 (NaOH). Après centrifugation d'un faible résidu, on amène à pH 6 (HCl 2 N), ce qui provoque la précipitation de la DL-3-monoiodo Th, $C_{15}H_{14}O_4NI$. F 206° C, I % = 31,4; théor. 31,8.

II. Ioduration de la DL-thyronine et de la DL-3-monoiodothyronine et préparation de divers dérivés. — L'ioduration de la L-tyrosine ([4]) et de la DL-3.5-diiodo Th ([5]) ayant pu être réalisée par étapes successives, nous avons mis à profit l'influence orientatrice du groupement phénolique de Th en ce qui concerne les substitutions en *ortho* pour préparer quatre dérivés nouveaux.

A. DL-*3'-monoiodothyronine*. — 50 mg DL-Th sont dissous dans 100 ml d'ammoniaque (conc.) et l'on ajoute lentement 23,3 mg I_2 dans 10 ml d'éthanol. Après séjour de 1 h à 20° C, on évapore à sec sous vide, on reprend par 5 ml d'ammoniaque au 1/10ᵉ en éliminant le résidu de DL-Th. On amène la solution à pH 5 par CH_3COOH à 20 %, ce qui provoque la formation d'un précipité que l'on dissout dans l'ammoniaque au 1/10ᵉ. On neutralise à pH 7,2 (HCl 2 N), centrifuge les impuretés insolubles, et acidifie à pH 5,0 (HCl 2 N). Le précipité formé lavé à l'eau et séché sur P_2O_5, de F 207° C, est la DL-3'-monoiodo Th, $C_{15}H_{14}O_4NI$. I % = 31,4 (théor. 31,8); C % = 44,6 (théor. 45,2); H % : 3,5 (théor. 3,8); N % = 3,7 (théor. 3,5).

B. DL-*3'.5'-diiodothyronine*. — 50 mg DL-3'-monoiodo Th dissous dans 5 ml d'ammoniaque (conc.) sont traités lentement par 35 mg I_2 dans 5 ml d'éthanol. Après 1 h à 20° C, on concentre sous vide à 5 ml et l'on sépare le précipité formé, que l'on redissout dans l'ammoniaque au 1/10ᵉ. On ajuste à pH 8,5 (CH_3COOH à 20 %), on élimine les impuretés précipitées et recueille à pH 6,5 (CH_3COOH à 20 %) la DL-3'.5'-diiodo Th, $C_{15}H_{13}O_4NI_2$, que l'on lave à l'eau et sèche. F 207° C, I % = 47,7 (théor. 48,4).

C. DL-*3.3'-diiodothyronine*. — 40 mg de DL-3-monoiodo Th sont dissous dans 50 ml d'ammoniaque (conc.) et traités lentement par 25 mg I_2 dans 5 ml d'éthanol. Après 1 h à 20° C, on concentre sous vide à 5 ml, on sépare le précipité formé et l'on concentre la solution à 2 ml, puis ajuste à pH 5,5 (HCl 2 N). La DL-3.3'-diiodo Th qui se sépare est lavée à l'eau et séchée sur P_2O_5. F 198° C, I % = 48,1 (théor. 48,4).

([4]) J. Roche, S. Lissitzky, O. Michel et R. Michel, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 357.

([5]) J. Roche, S. Lissitzky et R. Michel, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 997.

D. DL-3.3'.5'-*triiodothyronine*. — 14 mg de DL-3-monoiodoTh dissous dans 20 ml d'ammoniaque (conc.) sont traités lentement par 27 mg I_2 en solution dans 5 ml d'éthanol. Après 1 h à 20° C, on concentre sous vide à 5 ml et l'on acidifie à pH 5 par CH_3COOH à 20 %. Le précipité obtenu est séché, extrait par 1 ml d'éthanol additionné de 0,1 ml NaOH N. On élimine le résidu insoluble, on acidifie à pH 4,5 par CH_3COOH à 10 % et on porte au bain-marie bouillant. Après refroidissement, il se forme un précipité que l'on élimine et l'addition de 5 ml d'eau provoque la précipitation de DL-3.3'.5'-triiodoTh. Celle-ci, lavée à l'eau et séchée sur P_2O_5 renferme I % 58,6 (théor. 58,5).

Conclusions. — Les DL-3- et 3'-monoiodo-, les DL-3.3'- et 3'.5'-diiodo- et la DL-3.3'.5'-triiodo-thyronines ont été préparées en vue de leur étude biologique ([6]). L'individualité des corps obtenus a été contrôlée par l'analyse élémentaire et par diverses réactions colorées des phénols et de leurs dérivés *o*-substitués et par leurs caractères chromatographiques (R_F), au sujet desquels nous reviendrons.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence du glucose sur la croissance de* Chlorella Pyrenoidosa *en milieu synthétique*. Note (*) de MM. **Eugène Aubel** et **Minh Nguy Thang**, présentée par M. Raoul Combes.

Le glucose est la mieux métabolisée des sources de carbone expérimentées. On en montre les conséquences. En outre on signale que la réduction des nitrates doit se faire selon deux procès.

Lorsque l'on ensemence le milieu synthétique Vicki ([1]) avec une souche pure de *Ch. Pyrenoidosa*, on obtient à la lumière et à l'air (donc en présence de CO_2) une bonne culture. Aucune culture ne se produit à l'obscurité. Ce sont les résultats classiques.

Si l'on fait varier les différents facteurs : lumière, source de carbone, oxygène, voici les densités optiques de cultures (mesurées par l'opacité avec l'appareil de Meunier en écran rouge) que l'on obtient :

([6]) Il est probable que les méthodes décrites dans cette Note s'appliquent à la préparation des dérivés D et L, car elles ne paraissent pas comporter de racémisation des produits de base nécessaires.

(*) Séance du 18 août 1954.

([1]) Milieu de Vicki : pour 1 litre d'eau distillée : 5 cm³ NO_3K.Mol; 0,5 cm³ PO_4K_2H.Mol; 0,5 cm³ PO_4KH_2.Mol; 2 cm³ SO_4Mg.Mol; 0,25 cm³ $(NO_3)_2Ca$ 0,1 Mol; 1 cm³ solution d'oligoéléments, 1 cm³ complexe sel ferrique-versenes. La solution d'oligoéléments renferme en grammes par litre : Bo_3H_3 2,86; $SO_4Mn\ 4\,H_2O$ 2,05; $ZnCl_2$ 0,10; $SO_4Cu\ 5\,H_2O$, 0,08; $MoO_4H_2H_2O$ 0,02.

	Lumière		Obscurité	
	air (CO_2).	anaérobiose.	air (CO_2).	anaérobiose.
Témoin	68	18	18	18
Glucose	585	474	165	18
Fructose	107	101	36	18
Saccharose	67	55	36	18
Lactate	—	60	20	18
Pyruvate	87	70	24	18
Fumarate	—	—	20	18
Bicarbonate	—	178	18	18

(les expériences marquées — n'ont pas été faites)

En outre, là où il y a culture, on constate, dans le milieu la présence de produits de réduction des nitrates : nitrites et ammoniaque.

Le glucose donne toujours les meilleurs résultats, la concentration en carbone ajouté étant la même et correspondant à 1,2 % du glucose. Ceci peut s'expliquer, pour une part, par la perméabilité de la Chlorelle aux différentes sources de carbone.

2. La croissance, à la lumière, en anaérobiose peut s'expliquer par le fait que, grâce à la photosynthèse qui a lieu à partir du CO_2 provenant de la dégradation de la source de carbone il y a libération d'oxygène. Reste la réduction des nitrates, point de départ de la synthèse des corps protéiques. Celle-ci se fait, à l'obscurité, grâce à l'hydrogène fourni par la dégradation du substrat comme cela a lieu pour les bactéries. A la lumière un second mécanisme peut s'y ajouter puisque le bicarbonate permet la réduction.

MICROBIOLOGIE. — *La cryo-dénaturation sélective : méthode de purification des anatoxines tétaniques*. Note (*) de MM. **Jean-Louis Delsal** et **H. Mir Chamsy**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Par congélation et décongélation des anatoxines tétaniques après précipitation par l'acide trichloracétique à pH 4,0, il est possible d'insolubiliser une grande partie des protéines non spécifiques et d'obtenir des anatoxines concentrées, hautement purifiées.

La toxine tétanique est préparée sur milieu de Mueller et Miller [1] avec la souche R (I. P. Paris); 5 jours à 35° [2]. Après détoxification l'anatoxine a les caractéristiques suivantes : unités floculantes par ml temps de floculation (Lf/ml) 30; (Kf) : 4 h 30; mg azote total/ml : 2,10; azote protéinique/ml : 32 μg; Lf/mg azote protéinique : 9,35.

La précipitation de cette anatoxine par l'acide trichloracétique [3] à +4°

(*) Séance du 18 août 1954.

[1] *Modifications dactylographiées*, 1951. Department of Health, Albany, U. S. A.

[2] Mueller et Miller, *J. Bact.*, 55, 1948, p. 421.

[3] Boivin et Izard. *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1937, p. 25.

est maximum à pH 4,0. Le rendement est de l'ordre de 95-98 %. Après lavages du précipité par de l'eau physiologique à +4°, celui-ci se dissout intégralement dans un tampon phosphaté sodique M/300 de pH 6,8. Le pigment colore la solution en noir. L'anatoxine obtenue a une pureté de l'ordre de 1700 Lf/mg azote protéinique.

Si, après avoir précipité l'anatoxine tétanique par l'acide trichloracétique à pH 4,0, on congèle la solution et le précipité à —10°, —15° pendant quelques heures et si on laisse décongeler la solution, le précipité recueilli par centrifugation ne se redissout plus complètement dans le tampon phosphaté de pH 6,8. Une grande partie du pigment noir et des protéines non spécifiques est insolubilisée. Après lavages de ce précipité par de l'eau physiologique, il est possible d'effectuer un ou deux lavages, à +4°, avec une solution phosphatée sodique de pH 5,0 et de force ionique 0,1, sans abaisser le rendement, tout en augmentant encore la pureté de l'anatoxine tétanique.

Avec l'anatoxine tétanique brute précédente on obtient ainsi une anatoxine purifiée (concentrée 4 fois) titrant Lf/ml : 114; Kf : 2 h; azote protéinique/ml : 41,4 μg. Lf/ml azote protéinique 2750; rendement : 95 %. Le Kf pour cette anatoxine, titrée à 28,5 Lf/ml, est de 3 h; il est donc diminué par rapport au Kf de l'anatoxine brute. A cette température (—10°) il n'y a pas de dénaturation de la protéine spécifique, mais insolubilisation, à pH 6,8, des protéines non spécifiques et du pigment noir.

La pureté de l'anatoxine est supérieure à celle obtenue par précipitation par le sulfate d'ammonium ([4]). Elle est identique (2 800 Lf/mg azote protéinique maximum) à celle obtenue par ultrafiltration sur papier Schleicher et Schuell n° 725, imprégné de parlodion acétique à 4 % ([5]).

Si au lieu du milieu de Mueller et Miller, on emploie le bouillon VF ([6]) et la souche R, la pureté initiale de l'anatoxine tétanique est plus faible, de l'ordre de 150-200 Lf/mg azote protéinique. L'anatoxine purifiée par cette méthode titre 1 800-2 000 Lf/mg azote protéinique; le rendement est de 75-85 %.

On peut appliquer cette méthode de purification en remplaçant l'acide trichloracétique par le mélange hexmétaphosphate de sodium-acide sulfurique. Le rendement et la pureté sont identiques. Raynaud, Turpin et Nicol ([7]) dans leur application de la méthode de Jacobs ([8]) pour la purification des toxines et anatoxines empêchent la congélation à — 15° par addition de 250 grammes par litre de NaCl. Pour la purification de l'anatoxine tétanique il est préférable

([4]) LEVINE et STONE, *J. Immunol.*, 67, 1951, p. 325.

([5]) *Annual Report of the Division of laboratories and research.*, Albany, 1952, p. 48.

([6]) TURPIN, RAYNAUD et ROUYER, *Ann. Institut Pasteur*, 82, 1952, p. 299.

([7]) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2122.

([8]) JACOBS et JACOBS-GILLIS, *J. Amer. Pharm. Assoc. Scient.*, 40, 1951, p. 488.

de ne pas empêcher cette congélation ; la pureté de l'anatoxine est ainsi considérablement augmentée et la dépigmentation très prononcée. Nous n'avons pas contrôlé si ces anatoxines, purifiées par cette méthode et très concentrées, présentaient une légère toxicité (9).

Cette méthode appliquée à l'anatoxine diphtérique ne nous a pas permis, jusqu'à maintenant, d'insolubiliser une partie des protéines non spécifiques. Le précipité, lavé à l'eau physiologique, se dissout complètement même dans un tampon de pH 6,0. Faisons cependant remarquer que : si l'anatoxine diphtérique est précipitée à + 4° par l'acide trichloracétique à pH 4,0 et si les lavages du précipité par l'eau physiologique, indispensables pour éliminer complètement les réactions locales du vaccin, sont faits à + 4°, le Kf de l'anatoxine purifiée n'est nullement augmenté. Ceci, en contradiction avec Linggood (10), est valable si la toxine diphtérique a été préparée soit sur milieu de Mueller et Miller (11), soit sur milieu de Pope (12); modifié par Linggood et Fenton (13) I. F. Scheibel (14).

AÉROSOLOGIE. — *Sur l'altération des solutions médicamenteuses aérosolisées en fonction du taux de recyclage n.* Note M. **Raymond Boucher** et Mlle **Germaine Lenoble**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans de précédentes Notes (1), (2) nous avons essayé de souligner l'importance des phénomènes de reconcentration observés en fin d'émission sur les liquides dispersés par certains générateurs d'érosols médicaux.

Nous avons été amenés à définir en particulier le coefficient de reflux α propre à chaque type d'appareil ainsi que le taux de recyclage n en fin d'émission. La formule générale que nous avons établie :

$$n = \frac{\log\left(1 - \frac{dt}{A}\right)}{\log\alpha}$$

montre que n doit être choisi le plus faible possible si l'on veut réduire au minimum la reconcentration ou l'altération des solutions thérapeutiques. Pour d (volume de liquide aérosolisé par minute) cela entraîne l'adoption de faibles valeurs ainsi d'ailleurs que pour α qui est toujours inférieur à l'unité.

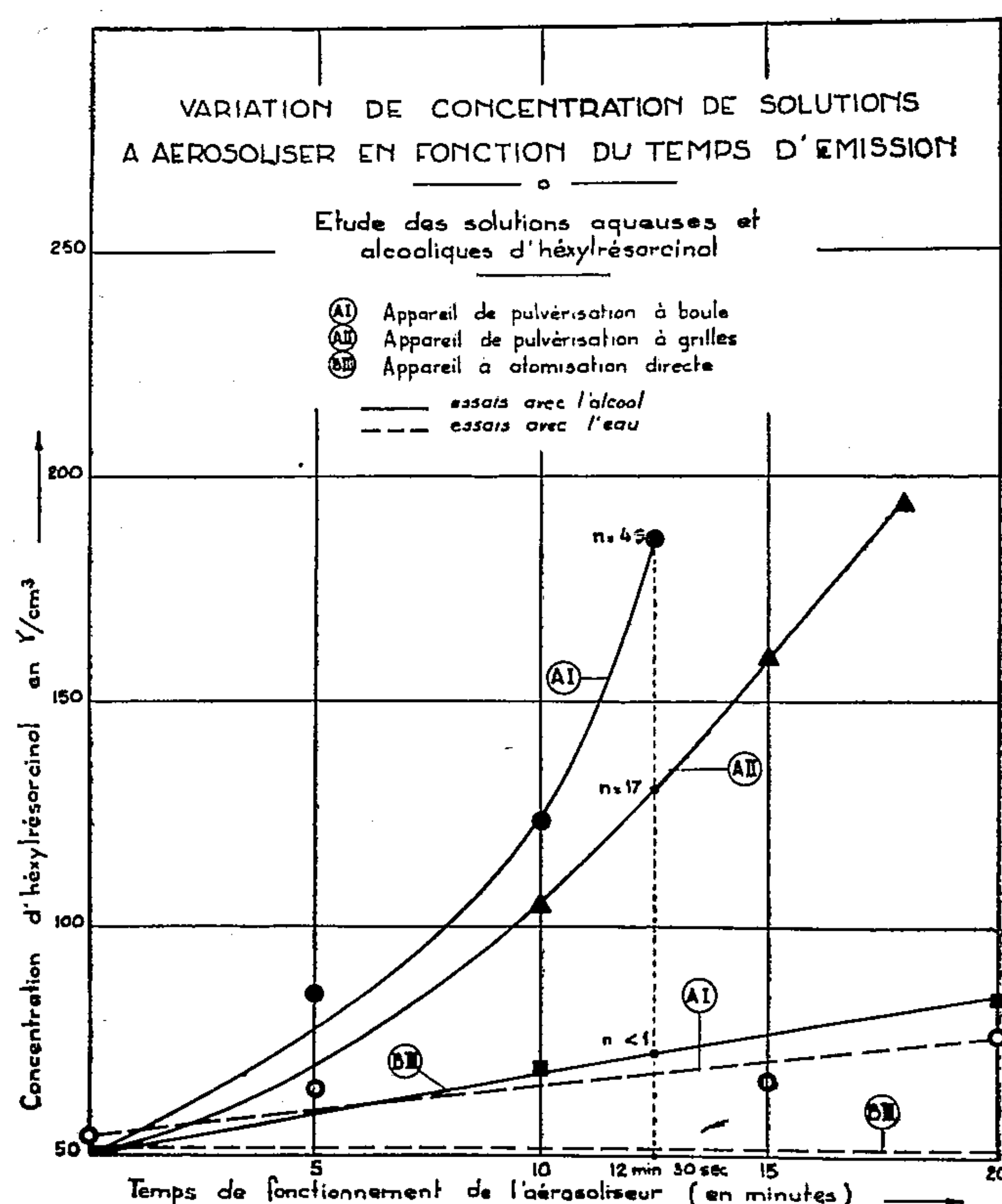
---

(9) Raynaud, Turpin et Lemétayer, *Ann. Institut Pasteur*, 85, 1953, p. 376.
(10) Linggood, *Brit. J. Exp. Path.*, 22, 1941, p. 255.
(11) Mueller et Miller, *J. Immunol.*, 40, 1941, p. 21.
(12) Pope et Smith, *J. Path. Bact.*, 35, 1932, p. 573; Pope et Linggood, *Brit. Exp. Path.*, 20, 1939, p. 297.
(13) Linggood et Fenton, *Brit. J. Exp. Path.*, 28, 1947, p. 354.
(14) *W. H. O. Technical Report*, n° 61, 1953, p. 57.

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 516.
(2) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 558.

En d'autres termes, si deux colonnes d'aérosolthérapie ont le même coefficient de reflux α, celle qui recyclera le moins la solution thérapeutique sera celle qui produira le moins d'aérosol dans un temps donné. Il y donc pour ces appareils un compromis à rechercher entre la quantité minimum d'aérosols (à qualité donnée) à émettre et le taux d'altération limite de la solution médicamenteuse.

Afin de connaître l'importance des altérations observées pour différents taux de recyclage avec des solutions alcooliques et aqueuses d'un agent pharmacodynamique, nous avons effectué une série de mesures avec trois appareils antérieurement décrits [1].



Pour chaque générateur nous sommes partis de solutions aqueuses (10 cm³) ou alcooliques (20 cm³) contenant à l'origine $50 \pm 2\gamma$ d'hexylresorcinol au centimètre cube. Les temps d'aérosolisation étaient de 5, 10, 15 ou 20 mn suivant le débit des appareils. A la fin de chaque essai la concentration en hexylrésorcinol de la solution restant dans l'appareil était déterminée à l'aide du spectrographe ultraviolet grâce au coefficient d'absorption lumineuse à 2815 Å (sous 1 mm d'épaisseur de liquide).

En partant d'échantillons soigneusement dosés nous avons vérifié que les

courbes des variations d'absorption (densité optique) de l'hexylresorcinol dans l'alcool et l'eau étaient des droites ayant pour équation

$$a_{\text{alc}} = 1,7 \quad .10^{-3}\,\text{C} \qquad \text{(alcool éthylique 95° Bé)},$$

$$a_{\text{eau}} = 1,205.10^{-3}\,\text{C} \qquad \text{(eau distillée)}.$$

Les courbes de la figure et les chiffres du tableau rendent compte de nos principaux résultats expérimentaux.

Type d'appareil.	Liquide aérosolisé.	Conditions opératoires.	Taux de recyclage (valeur moyenne) n.	Concentration en hexylresorcinol en fin d'émission (γ/cm³).
A I.....	Sol. alcoolique	$A = 20$ cm³, $t = 12$ mn 30 s	46	186
	Sol. aqueuse	$A = 10$ cm³, $t = 20$ mn	108	63
A II....	Sol. alcoolique	$A = 20$ cm³, $t = 12$ mn 30 s	17	130
B III...	Sol. alcoolique	$A = 20$ cm³, $t = 12$ mn 30 s	< 1	72
	Sol. aqueuse	$A = 10$ cm³, $t = 20$ mn	< 2	50

Expériences effectuées à la température de 20 ± 2°C dans une atmosphère de degré hygrométrique supérieur à 80%.

On remarque par conséquent que certains générateurs peuvent provoquer une augmentation de concentration rapide atteignant plus de trois fois celle de la solution d'origine après seulement 12 mn 30 s d'aérosolisation. Comme la théorie le laissait prévoir, le taux de recyclage n et la reconcentration varient dans le même sens pour différents types d'appareils travaillant dans des conditions identiques (A et t constants).

Une des conséquences pratiques du phénomène ci-avant décrit est l'accumulation de la substance active dans les derniers centimètres cubes du liquide dispersé. Ainsi pour l'appareil A II on constate qu'après aérosolisation de 90 % de la solution d'origine il reste encore 40 % de la totalité de l'hexylrésorcinol concentrés dans les deux ultimes centimètres cubes. Pour l'appareil A I les chiffres sont sensiblement identiques mais l'on atteint les deux derniers centimètres cubes avec un temps d'émission plus court (12 mn 30 s au lieu de 18 mn). Comme le montrent les courbes, le phénomène est évidemment moins marqué avec les solutions aqueuses.

La séance est levée à 15 h 30 m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 AOUT 1954.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Henri Besairie** adresse en hommage à l'Académie la *Carte tectonique de Madagascar*, à l'échelle de 1/3 500 000ᵉ.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Démonstration du théorème de Brunn-Minkowski pour des familles continues d'ensembles*. Note (*) de M. **Alexandre Dinghas**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1. Dans ma Note précédente ([1]) j'ai introduit la notion d'intégrale de Minkowski

$$\text{(1)} \qquad A = \int_0^1 d\lambda . A_\lambda$$

d'une famille (A_λ) d'ensembles fermés des points A_λ de l'espace euclidien R^n et uniformément bornés sur l'intervalle $J(0 \leq \lambda \leq 1)$. En supposant que (A_λ) est continue presque partout sur J, j'ai donné l'esquisse d'une démonstration de l'inégalité de Lusternik en considérant en même temps comme probable que le signe d'égalité ne puisse figurer ici, que dans le cas où on a $A_\lambda = f(\lambda).A$, A étant un ensemble convexe fixe et $f(\lambda)$ une fonction positive intégrable au sens de Riemann.

En considérant des familles des ensembles convexes (A_λ) des points et presque partout continues, on peut facilement démontrer un théorème général qui contient celui de Minkowski comme cas spécial et donner aussi la classe de tous les ensembles extrémals.

(*) Séance du 23 août 1954.

([1]) *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 575.

Nous désignons par $P^{\lambda}(x_1^{\lambda}, \ldots, x_n^{\lambda})$ un point arbitraire de A_λ les x_k^{λ} étant des coordonnées cartésiennes, et fixons une correspondance entre les points de A_λ et de l'intervalle $W_0(0 \leqq \tau_k \leqq 1)$, $k = 1, \ldots, n)$ par l'intermédiaire des équations différentielles

$$(2) \qquad g_k^{\lambda}(x_1^{\lambda}, \ldots, x_k^{\lambda}) \frac{\partial x_k^{\lambda}}{\partial \tau_k} = g_{k-1}^{\lambda}(x_1^{\lambda}, \ldots, x_{k-1}^{\lambda}),$$

les g_k^{λ} étant positifs et assujettis aux conditions

$$(3) \qquad \int g_k^{\lambda}(x_1^{\lambda}, \ldots, x_k^{\lambda})\, dx_k^{\lambda} = g_{k-1}^{\lambda}(x_1^{\lambda}, \ldots, x_{k-1}^{\lambda}).$$

On voit facilement que si l'on pose $g_n^{\lambda} = 1$ et $g_0^{\lambda} = m A_\lambda$, m représentant la mesure de A_λ, les g_k^{λ} coïncident avec les mesures des intersections de A_λ avec les hyperplans $x_1 = C_1, \ldots, x_k = C_k$, C_k étant des constantes. La correspondance entre les points intérieurs de A_λ et des points intérieurs de W_0 est biunivoque.

2. Après ces préliminaires, considérons l'ensemble A_0 dont les points ont pour coordonnées

$$(4) \qquad \xi_k^{\lambda}(\tau_1, \ldots, \tau_k) = \int_0^1 x_k^{\lambda}(\tau_1, \ldots, \tau_k)\, d\lambda,$$

les x_k^{λ} étant les solutions du système (2). Calculons le volume mA de A. A cause de l'inégalité $A \supseteq A_0$ on aura

$$(5) \qquad m A \geqq \int_{W_0} D_n\, d\tau_1 \ldots d\tau_n,$$

D_n représentant le produit $\prod_1^n \partial \xi_k^{\lambda} / \partial \tau_k$.

En tenant compte des équations (4) et (2) ainsi que de l'inégalité

$$(6) \qquad \left\{ \prod_{k=1}^{n} \int_0^1 \frac{g_{k-1}^{\lambda}}{g_k^{\lambda}}\, d\lambda \right\}^{\frac{1}{n}} \geqq \int_0^1 \left\{ \prod_{k=1}^{n} \frac{g_{k-1}^{\lambda}}{g_k^{\lambda}} \right\}^{\frac{1}{n}} d\lambda,$$

on trouve $D^{\frac{1}{n}} n \geqq \int_0^1 m A_\lambda^{\frac{1}{n}}\, d\lambda$, ce qui donne l'inégalité générale

$$(7) \qquad m\, A^{\frac{1}{n}} \geqq \int_0^1 m\, A_\lambda^{\frac{1}{n}}\, d\lambda.$$

On voit que pour le signe d'égalité on doit avoir presque partout sur J, $g_k^{\lambda} = g_k^{*} . \varphi(\lambda)^{n-k}$, les g_k^{*} étant indépendants de λ, et $\varphi(\lambda)$ étant une fonction arbitraire intégrable de λ. Ceci achève la démonstration.

Une démonstration détaillée justifiant les divers pas et traitant d'autres généralisations ($g_n \neq 1$, intégrale de Minkowski-Stieltjes) sera publiée prochainement. Je voudrais encore remarquer ici qu'une démonstration

analogue s'applique aussi aux ensembles A_λ formés par la réunion d'un nombre fini d'ensembles convexes. Le cas général des ensembles quelconques s'achèvera par un passage aux limites.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Résultats nouveaux dans la théorie des opérations linéaires* (II). Note (*) de M. **Alexandre Grothendieck**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Suite de la Note (1). Les notations sont les mêmes que dans la Note précédente.

Une transformation du théorème 1 de (1) par dualité donne le

Théorème 1. — *Soit u une forme hermitienne sur* $C_0(M)\times C_0(M)$, *alors on a* $u\leqslant u_\mu$, *où* u_μ *est la forme hermitienne positive* $\int f\bar{g}\,d\mu$ *définie par une mesure positive* μ *de norme* $\leqq h\|u\|$.

La meilleure constante possible h est la même que dans le théorème 1 de (1). Qualitativement, le théorème 1 est la conjonction des deux corollaires suivants :

Corollaire 1. — *Pour toute application* $u : C_0(M)\to L^2$ *il existe une mesure positive bornée* μ *sur* M *telle que u soit continue pour la semi-norme induite sur* $C_0(M)$ *par* $L^2(\mu)$.

Corollaire 2. — *Toute application* $u : L^\infty\to L^1$ *est hilbertienne.*

(La norme hilbertienne est $\leqq 4h\|u\|$.) Énoncés équivalents au corollaire 1 :

Corollaire 3. — *Toute application linéaire faiblement continue de* $L^\infty(\mu)$ *dans un Hilbert* L^2 *se factorise en* $L^\infty(\mu)\to L^2(\mu)\to L^2$, *où la première flèche désigne l'opération de multiplication par une* $f\in L^2(\mu)$. *De même toute application linéaire continue* $L^2\to L^1(\mu)$ *se factorise en* $L^2\to L^2(\mu)\to L^1(\mu)$, *où la deuxième flèche désigne l'opération de multiplication par une* $f\in L^2(\mu)$.

Soient M et N deux espaces localement compacts munis de mesures positives μ resp. ν, munissons $M\times N$ de $\mu\otimes\nu$. Alors les $f\in L^\infty(\mu\otimes\nu)$ qui sont *intégrales* sont des opérateurs de multiplication dans tous les $L^p(\mu)\hat{\otimes}L^q(\nu)$, donc dans leurs duals $B(L^p(\mu), L^q(\nu))$. Le corollaire 3 permet de donner une réciproque :

Corollaire 4. — *Les « opérateurs de multiplication » dans* $L^2(\mu)\hat{\otimes}L^2(\nu)$ *(ou encore dans son dual* $B(L^2(\mu), L^2(\nu))$*) sont exactement les* $f\in L^\infty(\mu\otimes\nu)$ *qui sont intégrales.*

Compte tenu du théorème 1, de (1), le corollaire 2 signifie aussi que les applications $L^\infty\to L^1$ sont préintégrales (la norme préintégrale de u est $\leqq 4h^2\|u\|$). Donc :

(*) Séance du 28 juin 1954.

(1) A. Grothendieck, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 577.

COROLLAIRE 5. — *Les composés* $L^1 \to L^\infty \to L^1 \to L^\infty$ *et* $L^\infty \to L^1 \to L^\infty \to L^1$ *sont intégrales (le deuxième est même nucléaire).*

En comparant le corollaire précédent avec le corollaire 4 du théorème 1, ([1]), on trouve qu'en composant une séquence de quatre applications linéaires entre espaces du type L^1, L^2, L^∞, telle que le type de deux espaces consécutifs soit distinct, on obtient une application nucléaire. On en conclut la partie non standard du

COROLLAIRE 6. — *Un espace localement convexe nucléaire* E *a un système fondamental de voisinages disqués* V *de zéro tels que les espaces* $\widehat{E_V}$ *soient : a. du type* L^1, *ou b. du type* L^2, *ou enfin c. du type* L^∞. *Si réciproquement, l'espace localement convexe* E *satisfait à deux de ces conditions, il est nucléaire* ([2]).

En vertu du théorème 1, de ([1]), une caractérisation vectorielle-topologique des espaces de Hilbert est que l'application identique $E \to E$ soit préintégrale. Une autre caractérisation, conséquence du corollaire 2, est donnée dans la

PROPOSITION 1. — *Soit* E *un espace de Hilbert. Alors* E *est isomorphe à un espace normé quotient d'un espace* L^∞, *et a un espace normé sous-espace d'un espace* L^1. *Réciproquement, si* E *est isomorphe comme espace vectoriel-topologique à un quotient d'un espace* L^∞ *et à un sous-espace d'un espace* L^1, *alors* E *est isomorphe a un espace de Hilbert.*

PROPOSITION 2. — *Soit* G *un groupe localement compact. Si* $f \in L^\infty(G)$ *est combinaison linéaire de fonctions continues de type positif, alors la forme bilinéaire* $\langle \varphi \star \psi, f \rangle$ *sur* $L^1(G) \times L^1(G)$ *est hilbertienne,* i. e. *la fonction* $f(s^{-1}t)$ *sur* $G \times G$ *est hilbertienne. La réciproque est vraie si* G *est compact, ou abélien, ou plus généralement admet une suite de composition formée de tels groupes* ([3]).

L'élémentaire proposition 2 est surtout intéressante grâce à l'identité entre formes hilbertiennes et intégrales sur $L^1 \times L^1$. Prenant $\check{f} = g \star h$, avec g, $h \in L^2(G)$, on voit que $f(s^{-1}t)$ appartient à $C_0(G) \hat{\otimes} C_0(G)$, d'où facilement :

COROLLAIRE. — *Toute forme bilinéaire continue sur* $C_0(G) \times C_0(G)$ *invariante par les translations gauches, définit une forme bilinéaire continue sur* $L^1(G) \times L^1(G)$ *invariante par les translations gauches* ([4]).

Pour finir, indiquons que l'on peut délimiter un système de 14 classes naturelles de « produits tensoriels topologiques » et d'applications linéaires correspondantes entre espaces de Banach, stable par passage d'une classe à la classe

([2]) Ce corollaire implique sans plus que l'espace $(\mathcal{E})$ de L. Schwartz est nucléaire, d'où la liste des espaces nucléaires usuels.

([3]) La condition restrictive de la dernière partie de l'énoncé est probablement inutile; d'autre part, les deux normes « naturelles » pour f correspondant aux deux propriétés envisagées dans l'énoncé, sont les mêmes.

([4]) En fait ce corollaire implique déjà le théorème 1 de ([1]).

« duale », et pour l'opération naturelle qui nous a fait passer de la classe des applications intégrales aux applications semi-intégrales ([5]).

Chacune de ces classes se caractérise de diverses façons simples. Quand un des espaces E, F est un L^1, L^2 ou L^∞, il n'y a plus que cinq ou six classes remarquables distinctes d'applications linéaires de E dans F, et si E et F sont tous deux d'un des types L^1, L^2 ou L^∞, il ne reste heureusement que *deux* classes (les applications linéaires continues quelconques, et les applications intégrales) si E et F sont de type distinct, et *trois* classes si E et F sont de même type (la classe intermédiaire étant la classe des applications hilbertiennes dans le cas de L^1 ou de L^∞, et celle des applications de Hilbert-Schmidt dans le cas de L^2). On peut déterminer pour les applications les plus fréquentes en analyse (convolutions, multiplications) à quelles classes elles appartiennent, et déterminer ainsi leurs propriétés vectorielles-topologiques essentielles, qui semblaient ignorées jusqu'ici.

TOPOLOGIE. — *Sur la somme d'indices des coïncidences de deux représentations.* Note de M. **Josef Weier**, transmise par M. Henri Villat.

Désignons par n un nombre naturel, — par f et f' des représentations homotopes d'une variété euclidienne et finie à n dimensions en elle-même, — par λ et λ' le nombre de Lefschetz ([1]) de f et de f'. Supposons que le nombre des points fixes de f et aussi de f' soit fini. Alors la somme d'indices des points fixes de f est égale à $(-1)^n\lambda$; et celle de f', à $(-1)^n\lambda'$. Puisque le nombre de Lefschetz est un invariant d'homologie, les sommes d'indices des points fixes de f et f' sont égaux. C'est un théorème bien connu [*voir* par exemple Hopf ([2])].

Soient plus généralement Q, R des variétés topologiques et compactes à n dimensions et g, g' des représentations homotopes de Q en R, — de même, h, h' des représentations homotopes de Q en R. De plus supposons que le nombre des coïncidences de (g, h) et pareillement de (g', h') soit fini. Alors les sommes d'indices des coïncidences de (g, h), ou de (g', h'), sont des nombres bien définis; désignant ces sommes par μ et μ' on peut — en correspondance avec le cas des points fixes — nommer $(-1)^n\mu$ le « nombre de *Lefschetz* » de la paire (g, h) des deux représentations g et h.

Puis, comme pour les points fixes, on aura le théorème suivant :

Théorème. — *En variétés topologiques et compactes la somme d'indices des*

([5]) Ce système est d'ailleurs « engendré » par la classe (naturelle certes !) de toutes les applications linéaires continues (à l'aide des opérations précédentes).

([1]) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 28, 1926, p. 1.

([2]) *Math. Zeitschr.*, 29, 1929, p. 493.

coïncidences de deux représentations (qui ont au plus un nombre fini de coïncidences) *est un invariant d'homotopie.*

Démonstration. — Pour prouver que la somme d'indices d'une représentation continue d'une variété topologique et compacte P en elle-même est un invariant d'homotopie, j'ai utilisé dans une Note ([3]) le théorème suivant : *Soient* φ, φ' *des représentations homotopes de* P *en elle-même, dont chacune a au moins un nombre fini de points fixes ; alors il existe des représentations continues* f^τ, $0 \leqq \tau \leqq 1$, *de* P *en elle-même dépendant continuement de* τ, *avec* $f^0 = \varphi$, $f^1 = \varphi'$, *et possédant la propriété que* tout f^τ a au moins un nombre fini de points fixes. Un théorème analogue vaut pour les coïncidences de deux représentations :

Il existe des représentations continues g^τ et h^τ, $0 \leqq \tau \leqq 1$, de Q en R dépendant continuement de τ avec $g^0 = g$, $g^1 = g'$, $h^0 = h$, $h^1 = h'$ et possédant la propriété : *pour tout* τ *de* $[0, 1]$ *le nombre des coïncidences de* (g^τ, h^τ) *est fini.*

Un théorème connu [*voir* par exemple M. H. A. Newmann ([4])] enseigne : soient γ, ψ des représentations continues de Q en R et supposons le nombre des coïncidences de (γ, ψ) fini. Alors il existe un nombre $\varepsilon > 0$ tel que les sommes d'indices de (γ, ψ) et (γ', ψ') sont égaux, si γ', ψ' signifient des représentations continues de Q en R avec $d(\gamma, \psi') < \varepsilon$ et $d(\psi, \psi') < \varepsilon$, — qui ont au plus un nombre fini de coïncidences. Comme usuellement, d désigne la distance.

D'après ce dernier théorème à tout nombre τ de $[0,1]$ il correspond un nombre $\varepsilon^\tau > 0$ avec la propriété : si σ est un nombre de $[0,1]$ et $|\sigma - \tau| < \varepsilon^\tau$, les sommes d'indices de (g^σ, h^σ) et (g^τ, h^τ) sont égales.

L'intervalle $[0,1]$ est compact. A cause de cela il existe des nombres $\alpha_0, \ldots, \alpha_{m+1}$ en $[0,1]$ tels que $\alpha_0 = 0$, $\alpha_{m+1} = 1$ et les sommes d'indices de $(g^{\alpha_i}, h^{\alpha_i})$ et $(g^{\alpha_{i+1}}, h^{\alpha_{i+1}})$ sont égales; $i = 0, \ldots, m$. Et ainsi on obtient l'équation $\mu = \mu'$. Ce qui termine la démonstration.

Ajoutons encore qu'*il correspond, à toute paire de représentations continues de* Q *en* R *une paire homotope, ayant au moins un nombre fini de coïncidences.*

ASTROPHYSIQUE. — *Méthodes pour la détermination en valeur absolue de distances extragalactiques.* Note (*) de M. **Fritz Zwicky**, présentée par M. André Danjon.

Dans le passé, on a déterminé les distances extragalactiques d'après des critères relatifs aux luminosités absolues de certaines étoiles variables et des

([3]) *Math. Zeitschr.*, 59, 1953, p. 171.

([4]) *J. London Math. Soc.*, 27, 1952, p. 135.

(*) Séance du 23 août 1954.

étoiles supposées d'éclat maximum, dans les systèmes stellaires. Mais la nature de ces étoiles n'est pas très bien connue, en réalité; ni l'absorption intérieure aux galaxies considérées, ni l'absorption intergalactique ne sont entrées en compte; notre connaissance des distances extragalactiques demeure donc incertaine.

Il est important de développer des méthodes absolues basées sur des longueurs *standard* qui pourraient se déduire directement de mesures de durées, de vitesses et d'angles. Parmi maintes longueurs adéquates, il en est deux, relatives aux explosions de supernovæ, qui se présentent immédiatement à l'esprit. Ce sont $L_1 = ct$ et $L_2 = vt$, où (t) est le temps écoulé depuis que l'explosion a été observée, (c) la vitesse de la lumière et (v) la vitesse des gaz expulsés.

Considérons d'abord le cas d'une supernova située à la distance D dans une galaxie contenant des poussières qui, dans la direction de la Terre, s'étendent à une distance (d) de la supernova. Des régions différentes de cette nébulosité s'illumineront successivement par suite de l'émission brusque de la supernova : elles engendreront de la lumière diffusée et une auréole illuminée (qui est la projection d'une partie d'un ellipsoïde) dont le diamètre angulaire Δ dépend de ct/D et de d/D. Une série d'observations de Δ à différentes époques t permet de déterminer D et d.

Dans des conditions favorables de distribution de la nébulosité autour de la supernova, une analyse de la brillance et de la polarisation de la lumière, à l'intérieur de l'auréole illuminée pourrait permettre une seconde détermination de D, indépendante de la première, et ce, à partir d'observations faites à un unique instant t, comme nous le montrerons ailleurs.

On peut espérer faire de fructueuses observations à partir des anciennes supernovæ apparues dans les galaxies voisines pour des intervalles de temps t allant de 10 à 100 ans, avec des valeurs de Δ de 5 à 10 secondes d'arc, et des luminosités absolues de régions nébulaires illuminées de 10^4 à 10^6 fois la luminosité du Soleil.

Comme troisième méthode pour déterminer D, nous pouvons utiliser L_2 comme *standard*. Par exemple, pour la supernova de 1885 dans Messier 31 d'Andromède, $t = 69$ ans en 1954 et $L_2 = 69\alpha c/30 = 2{,}3$ années de lumière, où α est de l'ordre de l'unité. Cela, pour une distance $D = \beta.10^6$ années de lumière, donnerait un diamètre apparent de $4{,}6\,\alpha/4{,}48\,\beta$ secondes d'arc pour la sphère des gaz expulsés, ce qui entre dans nos possibilités d'observation.

Les trois méthodes ci-dessus sont en voie d'application par l'auteur aux supernovæ récentes de M 31, IC 4182, NGC 6946 etc.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur une nouvelle méthode de mesure de la constante diélectrique complexe des liquides en hyperfréquence.* Note (*) de M. **Claude Brot**, présentée par M. Gustave Ribaud.

La méthode est applicable aux liquides à pertes faibles et moyennes. Elle repose sur l'étude du taux d'onde stationnaire créé par une section de guide d'onde court-circuitée remplie de l'échantillon diélectrique, lorsqu'on fait varier la longueur de cette section à l'aide d'un piston mobile de court-circuit. Cette étude permet le calcul de $\gamma = \alpha + j\beta$, $(j = \sqrt{-1})$ constante de propagation dans la section diélectrique, de la manière suivante :

On sait ([1]) que la différence entre deux longueurs résonnantes successives de diélectrique est égale à $\lambda_d/2 = \pi/\beta$, λ_d étant la longueur d'onde dans la section de guide remplie de diélectrique. Cette différence est égale au déplacement du piston qui, après un maximum du taux d'onde stationnaire inverse $s =$ E minimum/E maximum, fait apparaître le suivant.

Notre méthode permet d'obtenir l'atténuation α de la manière suivante : L'impédance d'entrée réduite de la section diélectrique s'écrit

$$Z = \frac{2\pi j}{\lambda_a}\frac{1}{\gamma}\,\text{th}\,\gamma d$$

λ_a étant la longueur d'onde dans le guide plein d'air, d la longueur de la section diélectrique.

Dans la mesure où l'on peut négliger α^2 devant β^2, c'est-à-dire pour les liquides à pertes faibles et moyennes ($\varepsilon'' < 1$) on a

$$Z = \left(\frac{\lambda_d}{\lambda_a}\,\text{th}\,\gamma d\right)(1 + jt), \qquad t = \frac{\alpha}{\beta}.$$

Dans le cas où $d = n(\lambda_d/2)$ (n entier) (longueur non résonnante) on a immédiatement

$$\text{th}\,\gamma d = \text{th}(\alpha + j\beta)\,d = \text{th}\,\alpha d.$$

D'où

$$Z = \sigma(1 + jt),$$

en posant

$$\sigma = \frac{\lambda_d}{\lambda_a}\,\text{th}\,\alpha d. \tag{1}$$

Le coefficient de réflexion de la section diélectrique est

$$r = \left|\frac{Z - 1}{Z + 1}\right| = \left|\frac{\sigma - 1 + jt\sigma}{\sigma + 1 + jt\sigma}\right|$$

(*) Séance du 2 août 1954.

([1]) Crouch, *J. Chem. Phys.*, 16, 1948, p. 364.

r s'exprime d'autre part en fonction de s, par

$$r = \frac{1 - s}{1 + s}.$$

En identifiant, on trouve

$$\sigma(1 + s^2) = s(1 + \sigma^2 + \sigma^2 t^2).$$

Après résolution et développement jusqu'au quatrième ordre

$$\sigma = s(1 + s^2 t^2 + \ldots)$$

le terme correctif $s^2 t^2$ étant pratiquement toujours négligeable.

Si l'on considère maintenant une longueur diélectrique résonnante $[d' = (2k+1)(\lambda_d/4)$, k entier$]$ le calcul est analogue, mais $\text{th}\,\gamma d' = 1/\text{th}\,\alpha d'$, et en posant

(2) $$\sigma' = \frac{\lambda_a}{\lambda_l} \text{th}\,\alpha d',$$

on obtient $\sigma'(1 + s'^2) = s'(1 + \sigma'^2 + t^2)$, ou : $\sigma' = s'(1 + t^2 + \ldots)$.

Dans de nombreux cas il suffit d'ailleurs de conserver seulement $\sigma' = s'$.

De (1) et (2) on tire alors $\sigma\sigma' = \text{th}\,\alpha d\,\text{th}\,\alpha d'$.

Si l'on a pris soin de choisir $d = 2d'$ (longueur non résonnante double de la longueur résonnante) le calcul de α est rendu plus commode et l'on obtient

$$\text{th}^2 \alpha d' = \frac{\sigma\sigma'}{2 - \sigma\sigma'}$$

d'où l'on tire α à l'aide d'une table de tangentes hyperboliques d'argument réel.

A partir de β et α ainsi obtenus, de la géométrie du guide, et de la fréquence, on calcule ε' et ε'' de l'échantillon diélectrique de la manière classique. Il faut noter que, dans le calcul des taux d'onde stationnaires, on doit soustraire les pertes de conductivité des parois du guide.

La méthode présente l'avantage que la quantité expérimentale (ss') varie rapidement avec ε'', ce qui n'est pas le cas des méthodes utilisant des rapports de taux d'onde stationnaires ([2]). Appliquée au décanol à 20° C, à la longueur d'onde 1,25 cm elle nous a donné les valeurs $\varepsilon' = 2,40$ $\varepsilon'' = 0,16$ qui cadrent bien avec celles obtenues aux fréquences voisines ([3]), ([4]).

([2]) Poley, *Colloque C. N. R. S., A. M. P. E. R. E.*, 1954.

([3]) Brot, Magat, Reinisch, *Kolloïd Zeitschrift*, *Marburger Diskussionstatung*, 134, 1953,

([4]) C. Brot, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 160.

VOLCANOLOGIE. — *Relations entre les phases éruptives du Petit Puy de Dôme, de Gravenoire et de Clermont-Ferrand.* Note de M. **Louis Glangeaud**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Les premières coulées de Gravenoire ont barré la vallée de Royat. Deux des quatre coulées quaternaires de la Tiretaine se sont étendues ensuite sur les alluvions érodées de cette vallée remblayée.

La localité de Royat (Puy-de-Dôme) est installée sur la coulée inférieure de la Tiretaine, provenant du Petit Puy de Dôme d'après Ph. Glangeaud ([1]), et sur celles du volcan isolé de Gravenoire. Ph. Glangeaud, qui avait décrit cette région dès 1901 ([2]), n'avait pu définir, faute de sondage, les relations existant entre les deux séries de coulées. Les études de carrières, de fouilles et du captage de Bonnefont permettent de préciser la succession chronologique de ces venues éruptives d'âge quaternaire inférieur et moyen.

I. *Coulées de la Tiretaine.* — Le sondage n° 2 de Bonnefont, creusé par la Ville de Royat à 1 km en amont de l'église, traverse, sur 31 m d'épaisseur, des alluvions alternant avec deux coulées de basalte. La coulée inférieure repose sur des projections, des tufs et des éboulis granitiques non calibrés et non roulés, cimentés par des argiles. Les éboulis formant la base avaient remblayé, sur plus de 12 m d'épaisseur (564 m à 576 m), la première vallée creusée dans le granite. Les sables arkosiques, qui montent latéralement jusqu'à 506 m sont recouverts par des projections noires, très fines et bien calibrées. Ces dernières contiennent, par place, des paquets irréguliers de sables arkosiques entraînés par glissement. La série alluviale inférieure se termine par des alternances régulières de Lapillis fins, bien cimentés et d'arkose.

L'absence de formations torrentielles au contact du granite, la nature des éboulis, des alluvions et de leur ciment, ainsi que la topographie de l'ancienne vallée, montrent que cette dépression a été creusée, puis remblayée, dans des conditions climatique, hydraulique et topographique, assez différentes de celles actuelles. Cet ensemble a des caractères sédimentologiques ressemblant à ceux d'une berge lacustre. Les tufs inférieurs de Gravenoire, les tufs de Clermont et de la Gantière, étudiés précédemment ([3]) ont beaucoup d'éléments communs avec ceux de la série inférieure de Bonnefont.

La première coulée de la Tiretaine ([1]) s'est épanchée dans une vallée creusée dans cette série alluviale érodée. Dans l'axe de cette deuxième vallée

([1]) *Bull. Serv. Carte géol. France*, 22, 1912, n° 135, 256 p., 77 fig., 12 pl., 1 carte au 1/50 000e.

([2]) *Bull. Serv. Carte géol. France*, 12, 1901, n° 82, 40 p., 13 fig.

([3]) L. Glangeaud, *a. C. R. S. G. F.*, 5e, 10, 1940, p. 52; *b. Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2088; *c. Comptes rendus*, 227, 1948, p. 397.

apparaissent, localement, des alluvions à galets basaltiques qui marquent le début des apports de la Chaîne des Puys. Un deuxième niveau alluvial, à aspect torrentiel, riche en galets volcaniques et granitiques, recouvre la coulée n° 1 sur 1 m d'épaisseur environ. La deuxième coulée qui termine la coupe de Bonnefont est séparée de la coulée n° 3 (Marpon) par un niveau de tufs. Ce dernier donne naissance à une petite source, près du Pont des Soupirs. En amont de Fontanas, les trois coulées inférieures de la Tiretaine sont recouvertes par une quatrième. Elles ont été traversées par le puits de la Vacherie, où Ph. Glangeaud [(1), p. 182] avait décrit *cinq coulées* superposées.

2. *La région de Royat.* — La coulée n° 1 de la Tiretaine forme l'escarpement qui domine Royat thermal. A sa base, des tufs analogues à ceux inférieurs de Bonnefont affleurent sous la coulée à l'altitude 492. Sur la rive gauche de la Tiretaine, j'ai pu observer plusieurs niveaux d'argiles sableuses cimentées, reposant sur le granite entre 500 et 510 m d'altitude. Des tufs analogues à ceux de Bonnefont ont été recoupés aux environs de l'agrandissement du cimetière de Royat entre 550 et 560 m. Ils s'étendent au voisinage de 560 m dans la petite vallée remblayée située au Sud-Ouest du cimetière. Les *quatre coulées inférieures de Gravenoire* (3), inclinées entre 10 et 60°, sont antérieures aux derniers tufs, tandis que la *cinquième coulée*, qui offre un plus faible pendage paraît postérieure. Une des coulées inférieures de Gravenoire est recouverte au voisinage de la place Renoux, par la coulée n° 1 de la Tiretaine.

En tenant compte de tous ces faits, on peut séparer *les phases suivantes* de durées très inégales :

a. Une première et profonde vallée pré-volcanique, en partie dépourvue d'alluvions, est creusée dans le granite.

b. Cette vallée est barrée, entre la «Chocolaterie de Royat» et «le Paradis», par les coulées et projections inférieures de Gravenoire.

c. Les lacs de barrage, *temporaires*, ainsi produits sont remblayés partiellement, entre les cotes 490 et 547, par des éboulis granitiques, des tufs et des sables arkosiques cimentés.

d. Les barrages volcaniques et les séries de remblaiement sont fortement érodés et leurs débris s'étalent dans la région de Clermont.

e. Quatre coulées, provenant de la chaîne des Puys (Petit Puy de Dôme), s'épanchent dans la nouvelle vallée de la Tiretaine avec niveaux intercalaires d'alluvions et de projections.

Les dernières éruptions de Gravenoire (phases 5 à 8 de ma Note 3*c*) se placent entre les phases *d* et *e* de la Tiretaine. Les tufs de Clermont et de la Gantière pourraient être formés par les produits divers des phases *b*, *c*, *d*. Cette origine expliquerait le curieux mélange mécanique qu'ils présentent avec des débris granitiques, oligocènes et volcaniques. Ils avaient été jusqu'à présent expliqués par un « faciès de ramonage » ou « de caldeira » (3*c*).

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Œnothéracées. Développement de l'embryon chez le* Gaura biennis *L.* Note de M. **André Lebègue**, présentée par M. René Souèges.

L'embryogenèse du *Gaura biennis* se rattache à celle de l'*Œnothera biennis* dont les lois sont notablement différentes de celles qui définissent le *Circæa lutetiana*. Dans cette étude ont été rappelées quelques notions relatives aux initiales de l'écorce au sommet radiculaire.

L'embryologie partage en deux groupements les espèces classées parmi les Œnothéracées. Les unes se rangent au côté de l'*Œnothera biennis* L. et suivent les lois du mégarchétype IV dans la première période, tandis que, dans le même groupe embryogénique, le *Circæa lutetiana* L. se trouve jusqu'ici le seul représentant du mégarchétype V ([1]).

La tribu des Gaurées n'a pas, jusqu'ici, fait l'objet d'investigations embryologiques. Le genre *Gaura* semble pourtant établir un passage entre les Œnothérées et les Circées. Comme dans cette dernière tribu, l'ovaire des Gaures renferme très peu de graines : deux par loge, ou même une seule à maturité. Le fruit sec a même été, pour cette raison, considéré par Van Tieghem comme un achaine, de même que le fruit des Circées ([2]). Il n'était pas indifférent d'examiner l'embryogenèse du *Gaura biennis*.

La division des deux blastomères superposés *ca* et *cb* du proembryon bicellulaire fournit une tétrade en T de la catégorie A_2 (*fig.* 1 à 4). Aux dépens de *ca* se forment les quadrants *q*, puis les octants *l* et *l'*, et finalement tout le corps embryonnaire, ainsi qu'on peut le suivre sur les figures 5 à 20. Le point végétatif se dégage très bien. En 20, il comprend deux assises cellulaires autour de l'axe, comme dans les coupes précédentes. Le contour du cylindre central apparaît nettement. Il a été représenté, en 21, un aspect du point végétatif de la tige chez un embryon déjà âgé.

L'élément *cb* fournit un court suspenseur, rapidement résorbé, et l'hypophyse *m*, aux dépens de laquelle s'isolent le primordium de la coiffe, représenté en 22 à un stade plus avancé, et les initiales de l'écorce au sommet radiculaire.

L'auteur d'une Note récente ([3]) semble se méprendre sur le rôle général de ces initiales. Elles ne lui sont apparues, pas *même transitoirement*. Elles forment, par leur division, chez le *Gaura*, une sorte de calotte représentant la portion terminale de l'écorce de la racine. Cela n'implique pas que toute l'écorce de la racine de l'embryon et de la plantule en dérive. Les histogènes de l'hypocotyle qui ont leurs cellules mères propres, dont l'embryogénie détermine l'origine et

---

([1]) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, 3e fascicule ; *Essai d'un système embryogénique*, Partie spéciale, 1re période du système, Paris, 1948.

([2]) *Éléments de Bot.*, II, Paris, 1888, et éditions suiv. ; *Traité de Bot.*, II, 1891, p. 1681.

([3]) A. Favard, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 78.

les modes de division contribuent à la construction des tissus embryonnaires, mais cela n'entraîne nullement l'absence ou l'inactivité des initiales. Nous avons figuré à maintes reprises des faits de ce genre, chez les Œnothé-

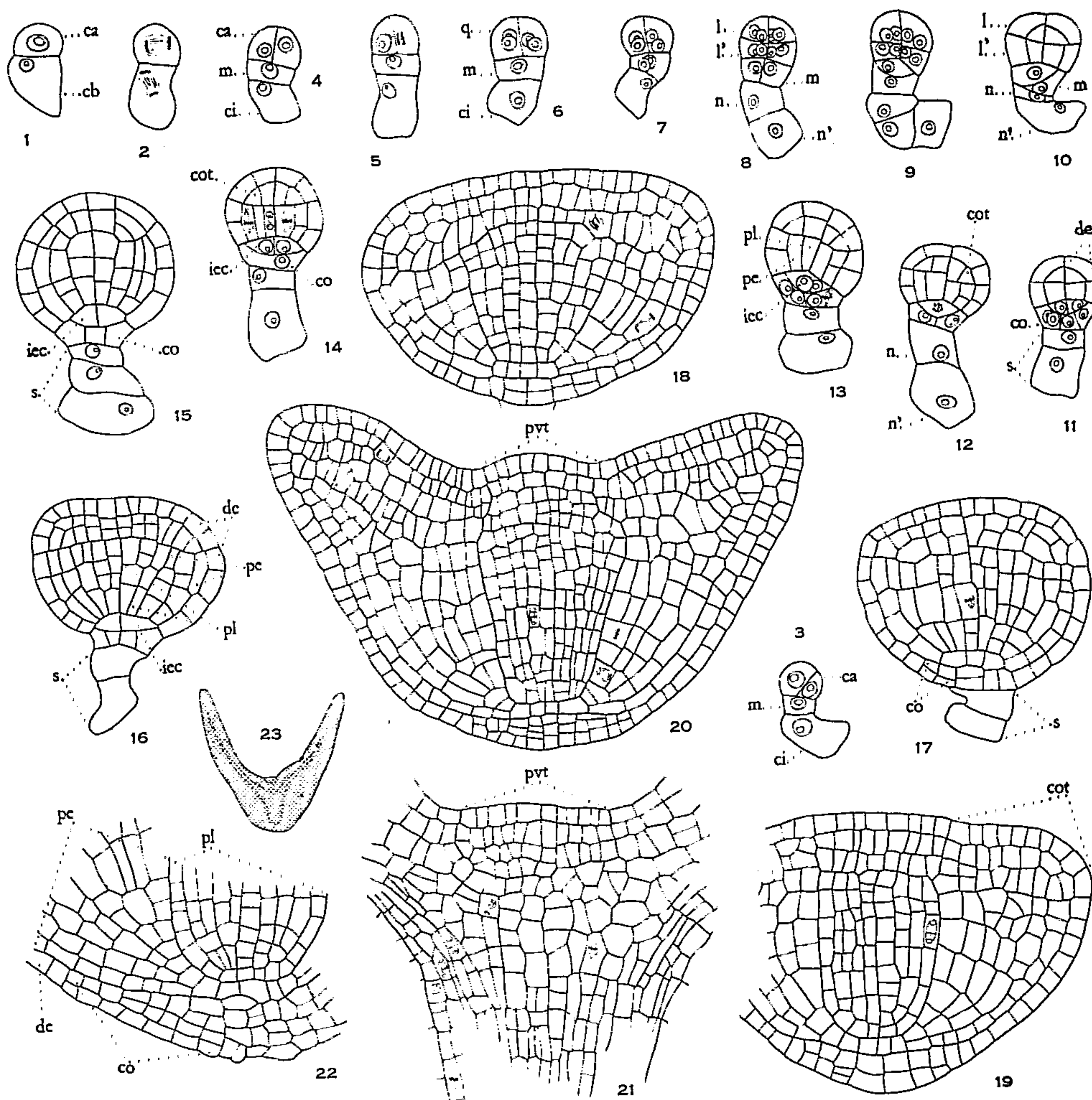


Fig. 1 à 23. — *Gaura biennis* L. — Embryogenèse : *ca* et *cb*, cellules apicale et basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire de la tétrade ou hypophyse; *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *q*, quadrants; *l*, octants supérieurs; *l'*, octants inférieurs; *n* et *n'*, cellules filles de *ci*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *pvt*. point végétatif de la tige; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire; *cot*, cotylédon; *co*, coiffe; *s*, suspenseur. En 23, aspect général de l'embryon d'où sont tirés les détails des figures 21 et 22. Gr. : 300 pour les fig. 1 à 19, 21 et 22; 215 pour la fig. 20; 24, pour la fig. 23.

racées, les Crucifères, etc.; on pourra en trouver également des représentations dans l'œuvre de R. Souèges. C'est là une erreur qu'il convenait de rectifier, mais qu'une plus grande habitude de l'embryologie et une lecture plus attentive des publications de ces derniers lustres aurait pu éviter.

Ainsi le *Gaura biennis* se rattache au groupement principal qui rassemble, à

la suite de l'*Œnothera biennis* L. et du *Ludwigia palustris* Elliot (4), les *Epilobium* divers, le *Clarkia elegans* Lindl. et l'*Eucharidium concinnum* Fisch et Mey (5).

Il n'en reste pas moins remarquable que la famille des Œnothéracées, telle qu'elle est actuellement définie, est hétérogène, et que le *Circæa lutetiana*, et peut-être toute la tribu des Circées, devraient en être détachés.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur le pigment jaune du* Drosera.

Note de Mme **Lucienne Bézanger-Beauquesne**, présentée par M. René Souèges.

Le plombagol, pigment jaune du *Drosera*, peut être dosé colorimétriquement de façon très simple. Il existe en quantités extrêmement variables dans les drogues et teintures commerciales. Il n'exerce qu'une action antibiotique très faible sur l'*Hemophilus pertussis*, agent de la coqueluche.

Employé de longue date dans les affections bronchiques, surtout dans la coqueluche, le *Drosera* figure au Codex de 1949, qui admet comme officinales les espèces suivantes : *rotundifolia, longifolia, intermedia.*

L'attention a toujours été attirée par la présence, dans la plante, d'un pigment jaune auquel on a attribué, instinctivement, ses vertus thérapeutiques. Ce pigment, c'est ce qu'on appelait autrefois et ce qu'on appelle encore parfois, à tort, la drosérone. Les travaux de Dieterle (1) ont établi son identité avec le plombagol des Plombagacées ou méthyl-2-hydroxy-5 naphtoquinone-1.4 (2). Le nom de drosérone doit être réservé à un pigment, dérivé du plombagol par oxydation, que des auteurs japonais ont extrait d'une autre espèce de *Drosera*, *D. Whittakeri* (3).

La coqueluche est une affection, particulièrement rebelle aux traitements. Pour en atténuer les manifestations, la thérapeutique moderne dispose surtout d'un vaccin et de certains antibiotiques. Cependant, la teinture de *Drosera* a toujours ses adeptes, qui voient en elle un remède capable d'atténuer les quintes.

Le plombagol est-il responsable de l'activité du *Drosera*? (4).

---

(4) R. Souèges, *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 946; 200, 1935, p. 1626.

(5) A. Lebègue, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 429; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 95, 1948, p. 173; 99, 1952, p. 310; 100, 1953, p. 41.

(1) H. Dieterle et E. Kruta, *Arch. d. Pharm.*, 274, 1936, p. 457; H. Dieterle, *Scientia pharm.*, 9, 1938, p. 121.

(2) Il semble bien que la drogue turque désignée sous le nom de racine de Babini soit fournie par un *Plumbago*, étant donné les caractères du produit vésicant qui vient d'en être isolé (R. Salih Hisar, *Bull. Soc. chim.*, 1954, p. 33).

(3) Michizo Asano et coll., *J. pharm. Soc. Jap.*, 63, 1943, p. 109.

(4) Une étude analogue vient d'être faite pour le mucus d'Escargot, remède empirique de la coqueluche (Quevauviller, J. Mainil et S. Garcet, *Rev. Path. gén. et comp.*, 53, 1953, p. 1514).

Un des aspects du problème consiste dans le dosage du pigment. Le plombagol, substance quinonique donne la réaction de Borntraeger et se prête, de ce fait, à une estimation colorimétrique. Une mise au point du dosage a été établie par Denoël ([5]). La technique met en œuvre l'extraction du plombagol par le chloroforme, sa reprise par une solution alcaline qui le colore en rouge et sa régénération, en milieu acide et chloroformique, avec évaluation finale à l'électrophotomètre.

Ayant isolé du plombagol (F 75°) par entraînement à la vapeur à partir d'une teinture commerciale très riche, nous avons simplifié la méthode comme suit : extraction du plombagol par le chloroforme en milieu acide (ébullition à reflux, pendant une heure) ([6]), épuisement de la solution chloroformique par la potasse diluée et comparaison avec une solution-étalon. Il est inutile de régénérer le pigment, la couleur rouge du milieu alcalin se montrant suffisamment stable pour permettre l'observation, tout comme celle qu'on obtient avec les dérivés anthraquinoniques. D'autant plus que, quoi qu'on fasse (lavages à l'eau de l'extrait chloroformique), on remarque toujours la superposition d'une légère nuance jaune brun qui peut être facilement compensée et se montre beaucoup moins gênante dans la gamme des rouges que dans celle des jaunes.

Des dosages ainsi réalisés nous ont permis d'enregistrer en France, tout comme Denoël en Belgique, l'extrême variabilité des résultats : si certains *Drosera* et certaines teintures sont riches en pigment (1,13 % de la drogue anhydre et 1,20 g par litre), il y en a d'autres qui n'en contiennent pratiquement pas. C'est le cas, en particulier, d'un *Drosera* de Madagascar, qui inonde actuellement le marché et se vend à bas prix. Il s'agit, selon toute vraisemblance, du *D. madagascariensis* (=*D. ramentacea*) signalé par Heckel ([7]) comme très commun dans les marécages des hauts-plateaux malgaches. Quant aux drogues où le plombagol abonde, elles sont constituées par les *D. intermedia* ou *longifolia*, très voisins par l'aspect de l'espèce exotique et admis au Codex au même titre que le *D. rotundifolia* qui est maintenant extrêmement rare.

La nature quinonique du pigment laissait prévoir des propriétés antibiotiques. De fait, elles ont été précisées par un groupe de chercheurs ([8]) à l'égard de certains germes banaux, en particulier du Staphylocoque pour lequel le plombagol manifeste une action bactériostatique au 1/100 000e. Mais la question essentielle demeurait sans réponse : le plombagol agit-il sur l'agent de la coqueluche ?

([5]) *Bull. Féd. intern. pharm.*, 23, 1949, p. 470.

([6]) Il ne paraît pas y avoir de pigment combiné, mais l'épuisement à chaud, en milieu acide, assure une extraction plus complète.

([7]) *Ann. Mus. col. Marseille*, 18, 1910, p. 138.

([8]) L. de Saint-Rat, H. R. Olivier et J. Choutéau, *Bull. Ac. Méd.*, 130, 1946, p. 57; R. Briault et H. R. Olivier, *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 377; E. Blanchon, L. de Saint-Rat et P. Bonet-Maury, *Bull. Ac. Méd.*, 132, 1948, p. 125.

Le spectre de l'*Hemophilus pertussis* établi par Wells ([9]) concerne neuf antibiotiques dont les plus actifs sont éliminés de la thérapeutique par leur toxicité, les seuls utilement employés à l'heure actuelle étant surtout le chloramphénicol, l'auréomycine et la streptomycine; les deux premiers provoquent une inhibition complète pour une concentration moyenne de 1/1 000 000e.

Nous avons essayé le plombagol en solution et en suspension aqueuses sur trois souches d'*H. p.*, dont deux pathogènes, cultivées en mileu gélosé de Bordet-Gengou, par les deux méthodes de dilution (technique des stries) et de diffusion (technique des cupules) ([10]). La zone d'activité probable avoisine la concentration de 1/2 000e, c'est-à-dire à peu près celle du principe « antistaphylococcique » de la Bardane. Or, ce principe, qui, pour certains, aurait pu expliquer l'emploi empirique de la Bardane dans la furonculose, est considéré comme peu actif; seuls, sa proportion relativement élevée (1,8 % des feuilles jeunes à l'état sec) et son caractère de lactone le rendent intéressant. Les *Drosera* les plus riches présentant une teneur moindre en plombagol, leur efficacité dans la coqueluche ne peut pas, semble-t-il, s'expliquer par le pouvoir antibiotique de ce pigment à l'égard d'*H. p.* : l'action bactériostatique est beaucoup plus marquée vis-à-vis d'autres agents pathogènes, surtout le Staphylocoque qui a donné lieu à des essais cliniques encourageants dans des cas de furonculose ([8]).

L'emploi du *Drosera* peut-il être justifié par d'autres propriétés physiologique du plombagol?

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'élimination de l'eau par les voies respiratoires.* Note de MM. **Jean-François Joliet** et **Michel Castillon du Perron**, présentée par M. Léon Binet.

Contrairement à ce qu'admettent encore certains auteurs, G. Galeotti ([1]) et depuis, d'autres expérimentateurs ([2]) ont montré que l'air expiré n'est pas saturé de vapeur d'eau et que le rapport de la quantité d'eau expirée par les voies respiratoires à celle qui correspond à la saturation dépasse rarement 7/10.

L'hypothèse de la saturation ne peut être admise que si le mucus tapissant les alvéoles, les bronches et le larynx a une tension de vapeur plus basse que celle de l'eau, ou si la température de l'air expiré est nettement inférieure à 37°, c'est-à-dire 30° environ. Or, d'une part, si l'on force le rythme respira-

([9]) E. B. Wells, C. Shih-Man, G. G. Jackson et M. Finland, *J. Pediatrics*, 36, 1950, p. 752.

([10]) Ces recherches ont été réalisées par M. Y. Chabbert, de l'Institut Pasteur de Paris.

([1]) *Biochem. Ztschr.*, 46, 1912, p. 173.

([2]) Louise Marshall et H. Feder, *Proceed.*, 5, 1946, p. 71.

toire, on trouve que le rapport 7/10 baisse d'une façon très nette, parfois jusqu'à 4/10, au lieu de rester sensiblement constant; d'autre part, la température de l'air, repérée au niveau de la luette avec un couple dont la soudure n'a aucun contact avec les muqueuses, varie selon les sujets, de 34°,6 à 35° C.

Les résultats que nous avons obtenus avec 12 sujets normaux des deux sexes, inhalant de l'air sec à 18°-20°C, sont en tous points comparables à ceux qu'a obtenus L. Marshall, soit 31 à 33 mg d'eau par litre de gaz expiré, en moyenne, ou, ce qui revient au même, 65 à 70 % de la quantité d'eau correspondant à la saturation à 37°C dans les conditions normales. Signalons que, dans l'ensemble, la quantité d'eau éliminée due à l'évaporation salivaire nous a paru négligeable.

Certains auteurs, et notamment Richet, ont montré que la quantité d'eau éliminée par les poumons varie dans le même sens que la ventilation. On sait, d'autre part, que la ventilation est sensiblement proportionnelle à la consommation d'oxygène; par conséquent la quantité d'eau éliminée est fonction du volume d'oxygène absorbé.

D'après B. et K. Schmidt-Nielsen ([3]), *à la consommation de* 1 cm³ *de* O_2 *correspond, chez l'Homme, une élimination d'eau pulmonaire de* 0,84 mg, quantité voisine de celle que ces auteurs ont trouvé pour la Souris et le Rat blancs, et supérieure à celle qu'a donné l'étude des Rongeurs du désert, du Hamster et de la Souris d'appartement (0,50 à 0,60 mg pour les premiers, 0,60 à 0,62 mg pour les deux autres).

Comme le montre le tableau ci-après, où sont consignés les résultats de 27 expériences sur 120, faites sur 10 sujets normaux des deux sexes, *nous trouvons, pour l'Homme, une valeur nettement inférieure à* 0,84 mg, souvent voisine de celles que les auteurs précédents obtiennent avec les rongeurs du désert, le Hamster et la Souris sauvage.

Les nombres qui figurent dans les colonnes 1 et 2 du tableau représentent le volume d'oxygène absorbé et le poids d'eau obtenus dans 2, 3, 4 et parfois 5 expériences d'une durée variant de 3 à 7 minutes.

Le gaz inspiré était soit de l'air desséché, soit un mélange de 40 % de O_2 et de 60 % de N_2 secs, à des températures comprises entre 18 et 23°C. Nous avons utilisé la ponce sulfurique comme absorbeur d'eau contenue dans deux tubes. Un tube était placé en amont, l'autre en aval d'un système de soupapes d'un appareil enregistreur en circuit fermé, type Benedict ([4]).

D'après Magnus Lévy, à une dépense de 100 calories qui nécessitent une consommation de 21 litres de O_2 environ, correspond une production de 11 à 13 g d'eau, soit 0,54 à 0,62 mg d'eau par cm³ d'O_2 absorbé.

([3]) *Amer. J. Phys.*, 162, 1950, p. 31.

([4]) Un tube témoin d'anhydron nous a permis de vérifier que dans les conditions où nous avons expérimenté, toute la vapeur d'eau était absorbée.

Sujets.	1. Volume O_2 en cm³ à 0°-760 mm.	2. Poids de H_2O (g).	3. Mg d'H_2O pour 1 cm³ de O_2.
Si(F)	2 270 (2 exp.)	1,45	0,64
Hs(F)	4 920 (3 exp.)	2,96	0,60
JF(H)	4 760 (5 exp.)	3,09	0,65
Y(H)	8 890 (5 exp.)	6,05	0,68
ST(H)	2 170 (2 exp.)	1,37	0,63
SO(F)	2 160 (3 exp.)	1,36	0,63
CA(H)	4 460 (3 exp.)	1,33	0,62
JJ(H)	6 590 (4 exp.)	3,87	0,59

Une ration alimentaire moyenne (2 250 cal.), se compose de 100 g. de protides, de 40 g de lipides et de 400 g de glucides, qui produisent respectivement 41, 43 et 220 g d'eau, au total 303 g.

Le volume d'O_2 utilisé est voisin de $2\,250/4,83 \neq 470$ l. A 1 cm³ de O_2 correspond donc 0,645 mg d'eau.

Enfin, dans la consommation des glucides seuls, pour 1 cm³ de O_2 absorbé, il y a production de 0,75 mg d'eau environ.

Ces valeurs sont tout à fait comparables à celles qui sont inscrites à la dernière ligne du tableau précédent. Dans un travail ultérieur, nous reviendrons sur ce fait.

Enfin, dans les *conditions normales* si, comme nos premières expériences semblent le montrer, la consommation de 1 cm³ de O_2 entraîne la production d'une quantité constante d'eau éliminée par le poumon, il est possible, avec un appareillage simple que nous décrirons, de mesurer, sans corrections de température et de pression, la quantité d'oxygène absorbé avec une précision au moins égale à celle que donnent les appareils courants de mesure du métabolisme.

CYTOLOGIE. — *Sur les chromosomes du Phylloxéra de la vigne.* (Dactylosphæra vitifolii *Schim.*). Note de M. **Pierre Maillet**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Si l'on connaît depuis Morgan (1912, 1914, 1915) (¹) le schéma de la détermination du sexe chez les Phylloxéridés, on ignorait jusqu'à ce jour la garni-

(¹) *J. exper. Zool.*, 12, 1912; *Biol. Bull.*, 26, 1914; *J. exper. Zool.*, 19, 1915.

ture chromosomique du Phylloxéra de la vigne. Elle répond à la formule $2N+2X$ chez les générations parthénogénétiques où les mitoses restent équationnelles. Dans l'ovogenèse des femelles parthogénétiques, on a donc des ovocytes de formule $2N+2X$ qui donnent une descendance uniquement composée de femelles. Mais, chez les sexupares androphores ([2]), la division de maturation de l'ovocyte reste équationnelle pour les autosomes et devient réductionnelle pour les hétérochromosomes. Le sexupare androphore pond des œufs parthénogénétiques diploïdes de formule $2N+X$ qui donneront automatiquement des mâles. Dans la spermatogenèse de ces mâles ($2N+X$), on constate l'existence de deux sortes de spermatides répondant aux formules : $N+X$ et N, mais seule la première sorte évolue en spermatozoïdes, l'autre dégénère. Dans l'ovogenèse des femelles sexuées ($2N+2X$), par contre, la réduction chromatique a lieu normalement et les ovocytes répondent tous à la formule chromosomique $N+X$. L'œuf d'hiver, avant d'être fécondé, possède donc $N+X$ chromosomes.

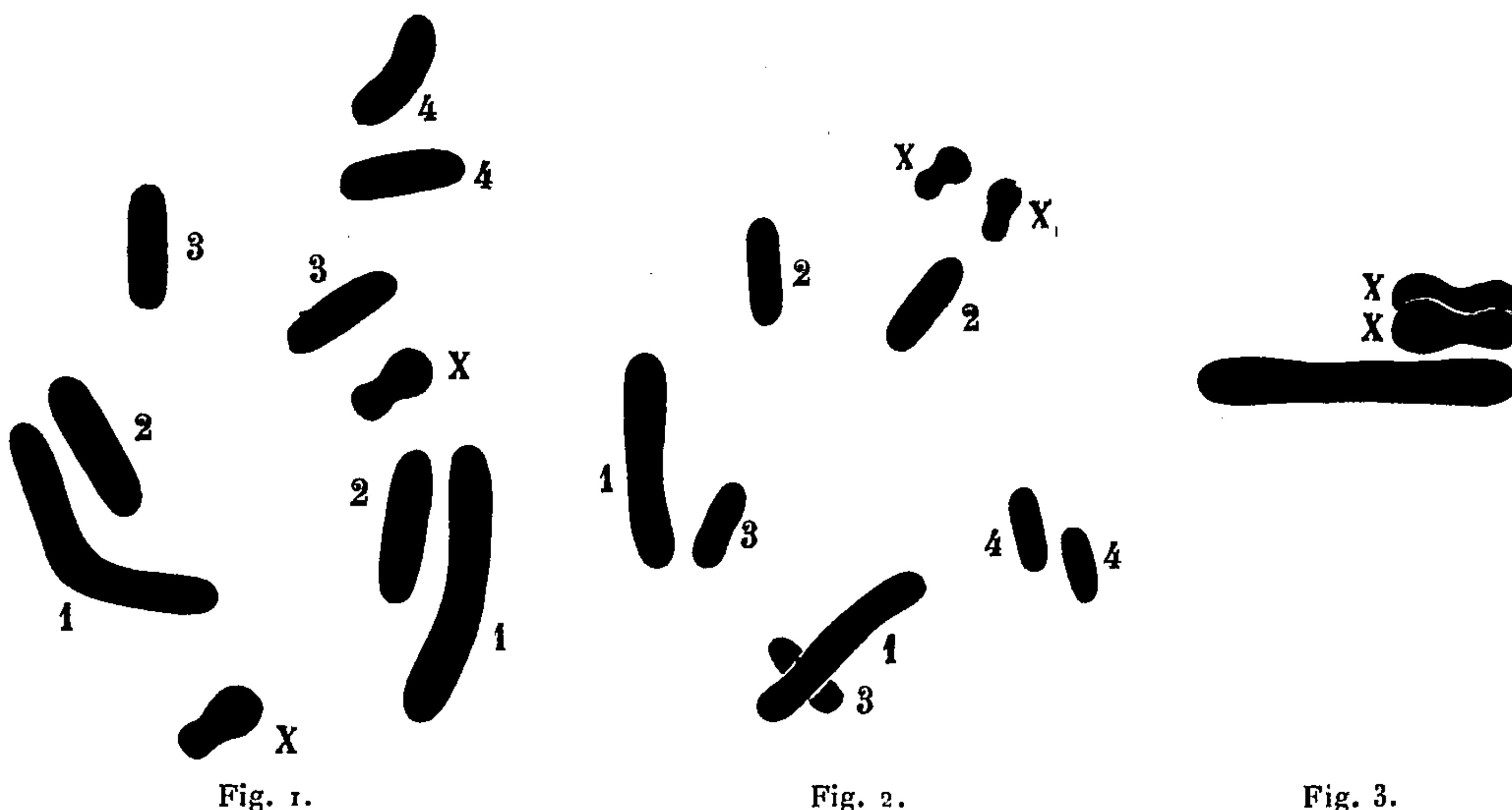


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

1, plaque équatoriale, vue par dessus; 2, plaque équatoriale, vue par dessus, les chromosomes étant au maximum de condensation; 3, plaque équatoriale, vue de profil, les hétérochromosomes XX étant en dehors du plan équatorial.

Nous avons étudié les mitoses équationnelles des œufs parthénogénétiques chez les gallicoles et les radicicoles. Lors de la formation du blastoderme, on assiste à une intense division cellulaire avec de très belles plaques équatoriales facilement visibles sur des frottis, après des colorations classiques (réaction de Feulgen, hématoxyline ferrique de Heidenhain) (*fig.* 1 et 2).

Le nombre diploïde $2N+2X$ est, chez le Phylloxéra de la vigne, de 10.

([2]) Les sexupares androphores et gynéphores sont les ailés dans le cycle du Phylloxéra de la vigne, ailés non distincts, morphologiquement, les uns des autres.

Il comprend :

1° Une paire (I), nettement plus longue que les autres et souvent en forme de V.

2° Une paire (II), près de deux fois plus petite.

3° Une paire (III), et une autre paire (IV), subégales.

4° Les hétérochromosomes, nettement individualisés, et de forme typique : en haltères dissymétriques, l'une des boules étant plus grosse que l'autre.

Après la réaction de Feulgen, les hétérochromosomes sont plus rouges que les autosomes, ce qui indique probablement une teneur en acide thymonucléique plus forte chez eux que chez les autosomes. A la métaphase, sur des plaques équatoriales vues de profil, les hétérochromosomes sont toujours en dehors du plan des autosomes. Ils sont situés côte à côte, au-dessus du plan équatorial (*fig.* 3).

La garniture chromosomique du Phylloxéra de la vigne présente donc, par sa diploïdie, les caractères des Aphides primitifs. Par contre, certaines espèces de Phylloxéras (exemple : *Xerophylla caryæcaulis* Fitch) sont tétraploïdes $4N + 4X$) et offrent ainsi des modalités de comportement des hétérochromosomes bien plus complexes. La multiplication des hétérochromosomes est un caractère évolué, qui a pour résultat de stabiliser le déterminisme du sexe des générations de sexués.

Par le nombre des chromosomes, le Phylloxéra de la vigne se rapproche des autres espèces du groupe (qui en ont de 6 à 12). Seul, jusqu'ici, *Phylloxera caryæglobuli* possède un nombre de chromosomes bien plus élevé ($2N = 22$).

Il est enfin intéressant de noter que le Phylloxéra de la vigne possède des hétérochromosomes nettement discernables morphologiquement, ce qui ne paraît pas être le cas des autres espèces de Phylloxéridés.

EMBRYOLOGIE. — *Un aspect de la croissance biochimique du mésencéphale chez l'embryon de poulet.* Note de MM. **Jacques Gayet** et **Jean Schwander**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

L'évolution de l'azote total et du phosphore de l'acide désoxyribonucléique a été suivie, en fonction du stade morphologique de croissance et du temps, dans le mésencéphale de l'embryon de poulet.

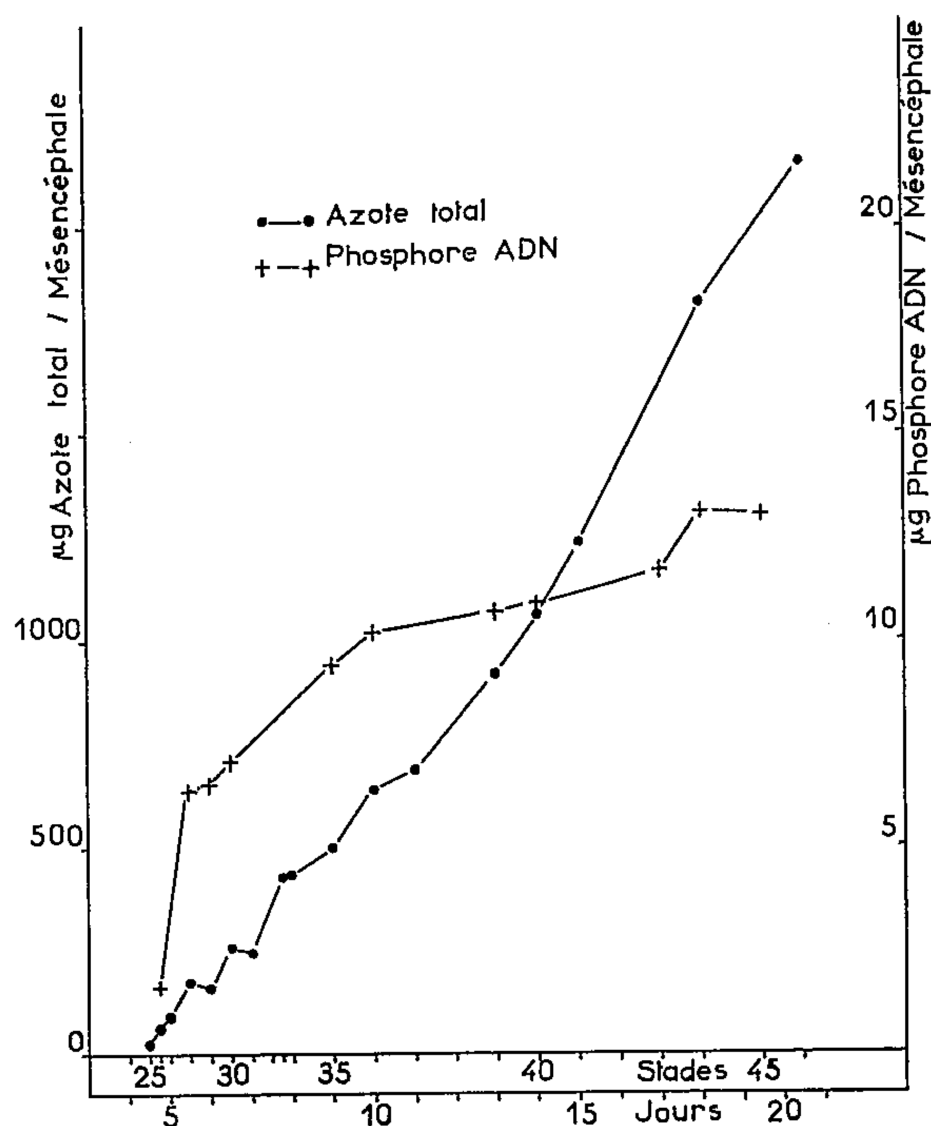
La croissance d'un tissu peut être rapportée, soit à l'azote total [1] ce qui donne une représentation de l'évolution quantitative du protoplasme cellulaire, soit au phosphore de l'acide désoxyribonucléique [2] considéré comme étant le représentant le plus qualifié du noyau cellulaire. La confrontation des

(1) H. Holter et K. Linderström-Lang, *Physiol. Rev.*, 31, 1951, p. 432.

(2) J. N. Davidson, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 35, 1953, p. 49.

deux méthodes permet d'effectuer une distinction entre la multiplication et l'augmentation de volume cellulaires.

Nos études sur l'évolution du métabolisme au niveau des différentes régions de l'encéphale embryonnaire ([3]) nous conduisent à appliquer au tissu mésencéphalique de l'embryon de poulet ces deux modes d'évaluation de la croissance. Nous ne reviendrons pas sur le choix du matériel ni sur les conditions expérimentales décrits précédemment ([3]). Les lobes mésencéphaliques sont prélevés après dissection rapide dans du liquide physiologique et sont homogénéisés à l'aide d'un appareil de Potter en matière plastique (« Teflon »).



Toutes ces opérations sont effectuées en chambre réfrigérée à $+2^\circ$ C. L'acide désoxyribonucléique est isolé suivant la méthode de Schmidt et Thannhauser ([4]), le phosphore de cet acide étant évalué à l'aide de la microméthode colorimétrique de Berenblum et Chain ([5]), ([6]). L'azote total tissulaire est évalué suivant notre méthode habituelle ([6]). Les expériences vont du stade 25 (4 jours et demi) au stade 46 (éclosion). Les résultats, rapportés à

([3]) J. Gayet, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1837.

([4]) *J. Biol. Chem.*, 161, 1945, p. 83.

([5]) *Biochem. J.*, 32, 1938, p. 295; J. M. Wiame, *Biochim. et Biophys. Acta*, 1, 1947, p. 234.

([6]) J. Gayet, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 123.

un mésencéphale, sont représentés graphiquement en fonction du stade morphologique de croissance et de la durée d'incubation (jours).

On constate que l'azote total croît régulièrement tandis que le phosphore désoxyribonucléique offre une évolution différente. Par confrontation de ces deux évolutions, et en admettant la signification, encore hypothétique, attribuée à la teneur d'un tissu en acide désoxyribonucléique ([2]), ([7]), on s'aperçoit que jusqu'au stade 30 environ la croissance est caractérisée par une synthèse active de cet acide (activité mitotique intense), puis du stade 30 au stade 35 cette synthèse se ralentit pour devenir encore plus faible du stade 35 à l'éclosion. Au niveau cellulaire, la croissance du tissu mésencéphalique doit se dérouler suivant deux modalités bien distinctes chronologiquement : une première phase (allant jusqu'au 7e jour d'incubation environ) devant être caractérisée par une intense multiplication cellulaire et une seconde phase (allant du 7e jour d'incubation à l'éclosion) devant être caractérisée par un net ralentissement des mitoses mais également par un accroissement protoplasmique important.

Nous nous limitons, pour le moment, à relever cette seule constatation car nous ne devons pas oublier d'une part l'extrême diversité de la cyto-architecture mésencéphalique chez l'Oiseau ([8]), d'autre part l'incertitude dans laquelle nous nous trouvons de connaître la quantité exacte de l'acide désoxyribonucléique par noyau cellulaire dans un tissu embryonnaire précoce. Une étude cytochimique pourra, vraisemblablement, nous apporter quelques précisions sur ce point.

IMMUNOLOGIE. — *Sur un antigène renfermé dans différents tissus en cours de multiplication cellulaire.* Note de M. **Jean Jacquet** et Mme **Lottie Steeg**, présentée par M. Gaston Ramon.

A l'occasion de la division, il se fait un remaniement profond des constituants cellulaires, notamment de la chromatine. L'azote nucléoprotéique, en particulier, est abondant dans les tissus à très nombreuses mitoses; et dans les cellules jeunes, le rapport nucléoplasmatique est fort différent de celui des cellules âgées. Il s'ensuit que dans un organe où les multiplications sont abondantes, la modification physicochimique est telle qu'à partir d'une certaine valeur elle peut influencer le pouvoir antigénique.

Nous avons pris, comme type de tissu riche en cellules en division, des embryons de poulets de 11 jours. Injecté par nous à des lapins, cobayes, rats, l'extrait a fait apparaître, dans les délais normaux, un anticorps, facile à mettre

([7]) H. Swift, *Intern. Rev. Cytol.*, 2, 1953, p. 1.

([8]) E. Scharrer et J. Sinden, *J. Comp. Neurol.*, 91, 1949, p. 331; B. G. Cragg, D. H. L. Evans et L. H. Hamlyn, *J. Physiol.*, 120, 1953, p. 51 P.

en évidence par la réaction de Kolmer ou de Calmette-Massol. Le produit constituait donc un antigène vrai et non un simple haptène. Des embryons de mammifères avaient été, également, utilisés par Gruskin (1), à la suite d'assimilations cellulaires faites par Conheim, Letulle, Fuchs, Pratt, etc., au cours de recherches sérologiques et allergiques sur le cancer. L'un de nous, avec Nattan-Larrier (2) avait signalé, sans interprétation possible, dans divers sérums humains et animaux, des sensibilisatrices révélées par l'extrait d'embryon de poulet.

Mais, les anticorps que nous avons étudiés doivent être considérés, non seulement comme correspondant à l'extrait injecté, mais surtout comme apparus en présence des constituants de nombreuses cellules en division; ils sont alors spécifiques d'une fraction antigénique qui doit se retrouver aussi dans d'autres tissus riches en mitoses. C'est ainsi que nous avons pu utiliser, pour révéler les mêmes anticorps, des extraits d'embryons de veaux, rats, souris (les extraits d'embryons de cobayes sont anticomplémentaires) de cotylédons fétaux de bovins, mais aussi des extraits de thymus de veaux et de poulains, qui sont d'autant plus actifs qu'ils ont été prélevés sur des animaux plus jeunes, ou de testicules de taureaux, béliers, rats et souris adultes. Avec les antigènes ci-dessus, nous avons produit, sur des animaux de laboratoire, les anticorps correspondants et vérifié qu'ils pouvaient être décelés par réactions croisées. Les résultats comparés obtenus dans la recherche des mêmes anticorps, mais naturels, des sérums humains et animaux ne sont pas toujours tout à fait superposables, parce qu'à côté de la fraction commune, souvent dominante, existent aussi des fractions antigéniques différentes selon les organes ou l'espèce. En tout cas, la gelée de Wharton, substance anhiste, n'a pas d'action antigène.

Nous avons localisé le pouvoir antigénique dans quelques régions des embryons : chez le Poulet, la peau et le poumon se sont montrés remarquables; le cerveau et le foie, bons; les reins médiocres; le cœur dénué de tout pouvoir. Expérience démonstrative, nous avons réalisé une culture sur lames et en tubes roulants à partir de ce myocarde. Les divisions deviennent alors fréquentes, les fibroblastes prenant rapidement le dessus sur les cellules musculaires tandis que le tissu aquiert une action antigénique très nette. Dans l'embryon de veau, le testicule s'est révélé excellent; le thymus, le poumon, le foie, les reins la rate, très bons. Chez les embryons de souris et de rats, les poumons et le foie sont les meilleures sources.

(1) *Am. J. Med. Sc.*, 1929, p. 476; *J. Lab. et Clin. Méd.*, 1932, p. 1237; *Pen. Med. J.*, 62, 1932, p. 573.

(2) L. Nattan-Larrier, L. Grimard-Richard et S. Nouguès. *C. R. Soc. Biol.*, 116, 1934, p. 1282; L. Nattan-Larrier et L. Grimard-Richard. *C. R. Soc. Biol.*, 118, 1935, p. 1128 et 119, 1935, p. 1025.

Sans avoir encore réalisé une séparation chimique très fine, nous avons cependant, constaté que le pouvoir antigénique des extraits de thymus de mammifères et d'embryons de poulet était détruit par chauffage à 100° C pendant une demi-heure et qu'il était lié à la fraction protéique, essentiellement nucléoprotéique. L'acide thymonucléique seul, obtenu selon la technique exposée par Thomas ([3]) n'a pas d'effet antigénique.

Les anticorps constatés dans plus de mille sérums ou créés expérimentalement semblent bien confirmer, enfin, l'existence d'un antigène commun aux tissus en multiplication cellulaire. De nombreux essais nous ont montré, aussi, qu'il s'agissait d'une substance totalement différente de l'antigène de Forsmann.

La séance est levée à 15 h 30.

L. B.

([3]) *Manuel de Biochimie*, 1 vol. Masson, éd., p. 322.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 SEPTEMBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BLARINGHEM.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. ANDRÉ COUDER, élu Membre de la Section d'Astronomie le 14 juin 1954 en remplacement de M. *Ernest Esclangon*, décédé, est introduit en séance par M. le Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques.

M. le **PRÉSIDENT** donne lecture du décret, en date du 29 juillet 1954, approuvant son élection; il lui remet la médaille de Membre de l'Institut et l'invite à prendre place parmi ses Confrères.

ÉCONOMIE RURALE. — *Le système de prophylaxie de la fièvre aphteuse basé sur l'application rigoureuse des règlements sanitaires, sur l'abattage et sur une convention sanitaire mondiale. Conclusions d'ensemble à une série d'études sur la fièvre aphteuse.* Note de M. **GASTON RAMON**.

Dans une série d'études, nous avons suivi pour ainsi dire jour par jour, l'évolution de l'épizootie de fièvre aphteuse qui a commencé en Europe en 1951. Nous en avons dégagé, à diverses reprises, les enseignements en nous basant sur les faits que nous avons recueillis et rien que sur des faits bien établis [1].

A l'heure où l'épizootie paraît à son déclin et semble même arrivée à son terme en Europe où elle a complètement disparu dans divers pays et où elle ne laisse que de rares foyers épars dans d'autres, nous voudrions extraire de notre série d'études des conclusions d'ordre général, puis en tirer l'*ultime leçon* qui s'impose pour la prévention et l'éradication de la fièvre aphteuse, dans l'avenir.

---

(1) *Voir* à ce propos : *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 777, 1010, 1106; 235, 1952, p. 333; 238, 1954, p. 975.

On trouvera l'index bibliographique complet de nos publications sur la fièvre aphteuse dans un Mémoire à paraître dans le *Bulletin de l'Office International des Épizooties*, 1954, 41 (sous-presse).

C'est un fait indéniable que des pays comme l'*Irlande*, les *États-Unis*, l'*Australie*, la *Nouvelle-Zélande*, le *Japon* plus ou moins menacés par la fièvre aphteuse, ont pu s'en préserver en dressant des barrières efficaces, sous la forme de mesures de protection opportunes : application rigoureuse des règlements de police sanitaire, interdiction des importations d'animaux vivants, de viandes, de denrées fourragères ou autres, en provenance des pays où existe la fièvre aphteuse, même si ces pays sont seulement partiellement infectés.

C'est également un fait indéniable que des pays tels que la *Grande-Bretagne*, la *Norvège*, la *Suède*, la *Suisse*, le *Canada*, ont pu éviter l'épizootie envahissante et ses désastreuses conséquences en se libérant des foyers aphteux dès leur apparition, grâce à la mise en œuvre opiniâtre du *système* qui consiste à pratiquer, en premier lieu, l'abattage des animaux atteints ou suspects, associé à d'autres mesures : désinfection des locaux, réglementation de la circulation des animaux et des personnes, pendant un temps déterminé et dans une certaine zone autour des foyers, interdiction des foires et marchés etc.

Ainsi, il ressort de ces faits que, dans l'état actuel de la Science, c'est le *système dont les bases sont l'abattage et l'application rigoureuse des règlements sanitaires* qui, après avoir fait à nouveau ses preuves, s'impose pour l'éradication de la fièvre aphteuse dans un pays où elle vient de pénétrer. Ce système est seul capable d'assurer la destruction du virus aphteux et d'empêcher ainsi sa multiplication et sa diffusion.

Cependant ce n'est pas uniquement sur le plan national de chaque pays que s'impose ce système mais encore sur le *plan international*.

Nous l'avons déclaré sans cesse depuis plusieurs années, on ne peut arriver à combattre avec succès les maladies infectieuses des animaux et spécialement les maladies contagieuses et épizootiques que grâce à la *collaboration internationale*.

En réalité, pour être vraiment efficient, un accord visant la lutte contre la fièvre aphteuse, ne doit pas être simplement régional, *il doit lier le plus grand nombre possible de pays d'un même continent et même de différents continents*. Il doit énoncer non seulement les règles à suivre pour éteindre une épizootie naissante mais encore les mesures à prendre pour prévenir toute incursion de la maladie.

Il convient donc d'élaborer, de faire adopter puis d'exécuter une *Convention sanitaire internationale mondiale*, ayant pour objet la mise en œuvre du système qui repose sur l'application rigoureuse de règlements sanitaires appropriés et sur la pratique de l'abattage réalisée dès la constatation des tout premiers foyers, ce système ayant fait la preuve incontestable de sa très grande efficacité même lorsqu'il a été employé seul.

Il est un autre fait indubitable dont chacun a pu se rendre compte, c'est l'*insuffisance des procédés actuels de vaccination* pour prévenir, pour enrayer et finalement éteindre l'épizootie aphteuse.

Ainsi que nous l'avons dit nombre de fois, si la vaccination base de la lutte contre la fièvre aphteuse dans divers pays a pu protéger isolément et momentanément certains troupeaux, elle n'a eu aucune influence sur l'évolution de l'épizootie qui a été la même, peut-

être plus sévère encore, notamment en France (malgré 6 millions de vaccinations effectuées en 1952, chez les seuls bovidés) que celle des épizooties précédentes.

Nous basant sur notre longue expérience en matière d'immunisation active nous avons préconisé, dans nos publications, des remèdes aux défauts des procédés actuels de vaccination.

Afin d'obtenir une immunité plus largement spécifique, nous avons suggéré la préparation à l'image des « vaccins associés » d'un *vaccin polyvalent*, trivalent ou quadrivalent, à partir de souches soigneusement sélectionnées et choisies pour leur pouvoir immunogène élevé et appartenant aux types O, A et C, et si besoin est à une variante nouvelle.

Pour provoquer le développement d'une immunité aussi forte que possible et d'une durée prolongée, nous avons conseillé de faire non plus une seule mais deux *injections sous-cutanées* à doses au moins égales et même supérieures à celle de l'injection unique du vaccin en usage actuellement. Afin de renforcer encore la valeur et la durée de l'immunité, nous avons recommandé de faire une *injection de rappel* un an après les deux injections sous-cutanées constituant la vaccination initiale, à l'instar de ce qui est couramment effectué dans le domaine des vaccinations antidiphtérique, antitétanique et des vaccinations associées.

Telles sont brièvement rappelées, la formule de vaccin et la technique de vaccination que nous avons précédemment proposées et qui sembleraient capables de remédier, dans une certaine mesure, aux imperfections des procédés mis jusqu'ici en service, mais dans une certaine mesure seulement. On ne doit pas ignorer, en effet, les difficultés de réalisation de la vaccination anti-aphteuse dans les conditions qui viennent d'être évoquées à nouveau. On ne doit pas se dissimuler non plus, l'insuffisance d'une méthode de vaccination même améliorée conformément à nos suggestions, pour combattre à elle seule une épizootie à marche aussi rapide, aussi envahissante que l'épizootie aphteuse. Toutefois cette méthode pourra trouver son utilisation dans certaines circonstances, en complément du système de lutte anti-aphteuse basé sur l'abattage et sur une réglementation rigoureuse, système qui doit conserver dans tous les cas la priorité, la primauté, étant le seul à avoir fait la preuve de sa grande efficacité.

On peut avoir la certitude que ce système appliqué dans la majorité des pays sinon dans tous, en vertu d'une *Convention sanitaire internationale mondiale* bien exécutée, pourra assurer, dans l'avenir, la prévention et l'éradication de la fièvre aphteuse dans le monde.

N'est-ce pas, d'ailleurs, grâce à un système identique que diverses nations ont éliminé ou sont en train d'éliminer de leur cheptel, la *tuberculose bovine* et ont fait disparaître, sur leur territoire, la *morve*, la *rage* etc. C'est encore grâce à ce même système que l'Europe a su se défendre victorieusement depuis trente années contre la *peste bovine* sous la vigilante sauvegarde de l'Office international des Epizooties créé par l'Arrangement international de 1924, lequel a été signé, à l'heure présente, par soixante pays.

Ainsi, la série d'études que nous avons effectuée au cours de l'épizootie aphteuse a mis tout spécialement en évidence :

a. L'*efficacité*, hors de doute, pour la prévention et pour l'éradication de la fièvre aphteuse du *système basé sur l'application stricte de règlements sanitaires et sur l'abattage utilisé dès l'apparition du ou des premiers foyers aphteux;* ce système s'imposant pour l'avenir.

b. La *nécessité impérieuse*, pour l'application de ce système et son plein effet, d'une *coopération mondiale ainsi que d'une convention sanitaire internationale pour la prophylaxie de la fièvre aphteuse*, liant les pays non seulement d'un même continent, mais encore de différents continents.

c. L'*insuffisance des procédés actuels de vaccination employés seuls*, pour prévenir, pour enrayer et finalement pour éteindre l'épizootie aphteuse.

d. Le *grand intérêt scientifique et pratique* qu'il y a de poursuivre les recherches de laboratoire en vue de mettre au point, dans toute la mesure du possible, une méthode d'immunisation d'application facile et véritablement capable de procurer aux animaux réceptifs à la fièvre aphteuse, une *immunité* polyvalente solide et de longue durée; de telles recherches pouvant d'ailleurs fournir de très utiles indications pour l'élaboration et pour l'emploi de procédés d'immunisation dirigés contre des viroses épidémiques propres à l'espèce humaine (grippe, poliomyélite, etc.) (²).

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimés de la Correspondance :

1° Mme Mantz, née Janine Le Corroller. *Recherches expérimentales sur la Section du nerf optique* (Thèse, Strasbourg).

2° *Les mathématiques utiles*, par J.-L. Pelletier.

3° *Forgotten leaders in modern medicine. Valentin, Gruby, Remak, Auerbach*, par Bruno Kisch.

4° Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc national Albert. *Mission G. F. De Witte* (1933-1935). Fasc. 80, 82.

5° Id. Exploration du Parc national de l'Upemba. *Mission G. F. De Witte en collaboration avec W. Adam, A. Janssens, L. van Meel et R. Verheyen* (1946-1949). Fasc. 18, 24, 25, 29.

6° *Volume jubilaire. Victor Van Straelen, Directeur de l'Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique*. 1925-1954. Vol. I et II.

(²) La Commission anglaise de la fièvre aphteuse ayant pour objet de rechercher quel est, pour la Grande-Bretagne, le meilleur moyen de lutte contre la fièvre aphteuse et qui vient de rendre public son rapport confirme, pour le principal, les thèses que nous avons soutenues durant ces dernières années et que nous soutenons ici encore.

7° Service des Mines du Cameroun. *Carte géologique de reconnaissance à l'échelle du 1/500 000e. Notice explicative sur la feuille Batouri-Est*, par JACQUES GAZEL et GEORGES GÉRARD.

8° Direction des Mines et de la Géologie de l'A. E. F. *Carte géologique de reconnaissance à l'échelle du 1/500 000e. Notice explicative sur la feuille Franceville-Est*, par L. BAUD.

9° Société française de métallurgie. *Journées d'automne* 1954, 25-30 *octobre* 1954. *Avant-programme et résumés des communications.*

10° *The Year Book of the International Council of Scientific Unions*, 1954.

11° Union géodésique et géophysique internationale. Neuvième Assemblée générale. Bruxelles, août 1951. *Procès-verbaux des séances de l'Association de Météorologie. Mémoires et discussions.*

12° National physical Laboratory. *Automatic Digital Computation. Proceedings of a symposium held at the National physical Laboratory on March* 25, 26, 27 *and* 28, 1953.

13° *Chromatographische Methoden in der Protein-Chemie. Einschliesslich verwandter Methoden wie Gegenstromverteilung, Papier-Ionophorese*, von FRITZ TURBA.

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Phase du cycle solaire actuel.* Note de Mlle **DOROTHY E. TROTTER** et Mme **CHARLOTTE PECKER**, présentée par M. André Danjon.

En comparant le déclin de l'activité solaire précédant les deux minima de 1944 et 1954, on constate une période de comportement similaire pour les deux cycles. Cette période est suivie d'un accroissement rapide de l'activité en 1944, alors que, pour le cycle actuel, le niveau de l'activité a continué encore à décroître pendant environ 12 mois.

Le minimum actuel plus large que le précédent est aussi descendu à un niveau d'activité beaucoup plus bas.

Les courbes 1 et 2 montrent la comparaison des intensités coronales moyennes prises chaque mois pour le minimum de 1944 et le minimum actuel.

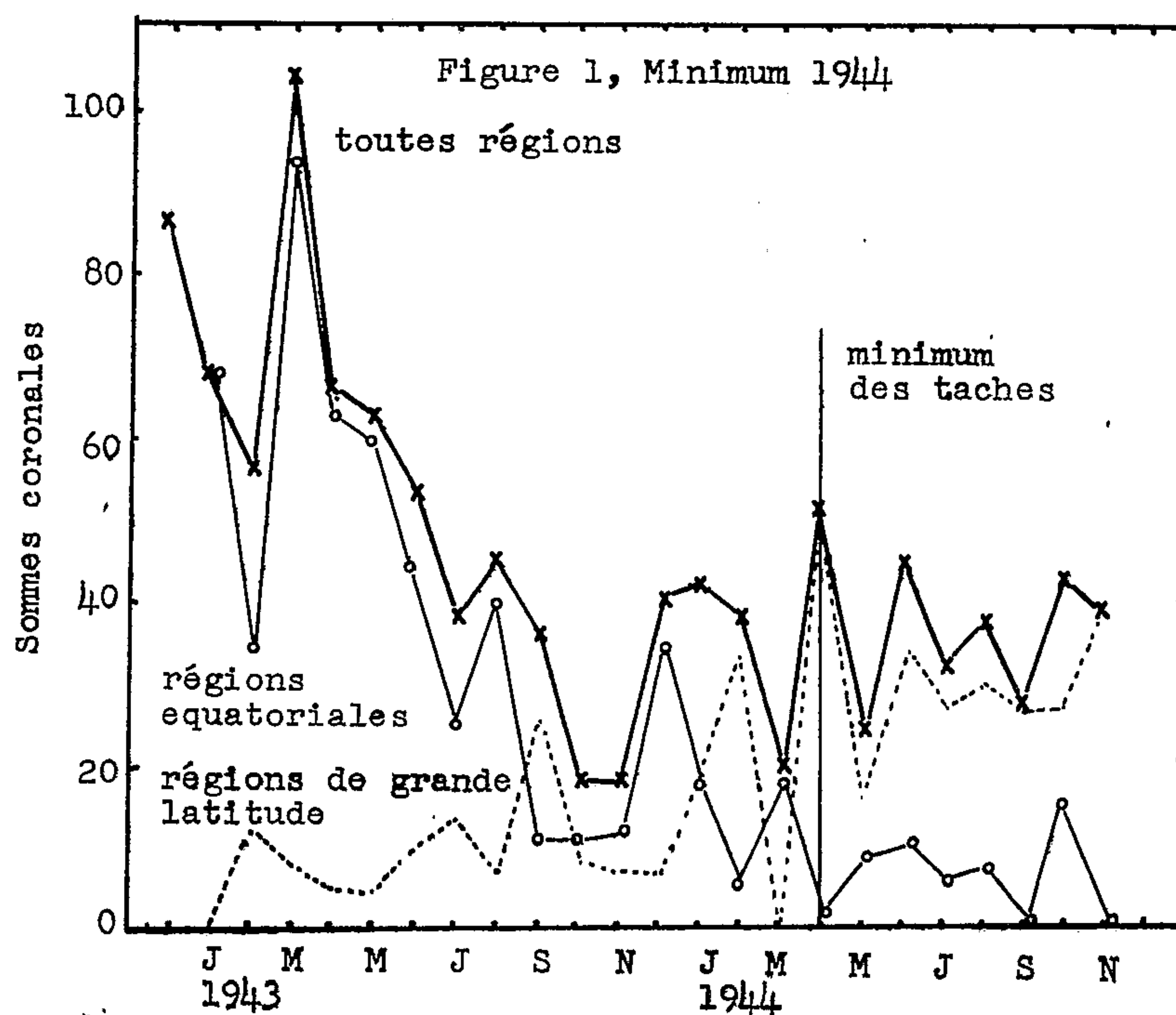
En ordonnées nous avons porté les intensités mensuelles moyennes de la raie verte coronale (5 303 Å) calculées à partir des mesures quotidiennes pour des zones comprenant : *a*. toutes les latitudes; *b*. les latitudes équatoriales; *c*. les hautes latitudes. La séparation entre ces deux dernières zones a été choisie arbitrairement à la latitude de 25°.

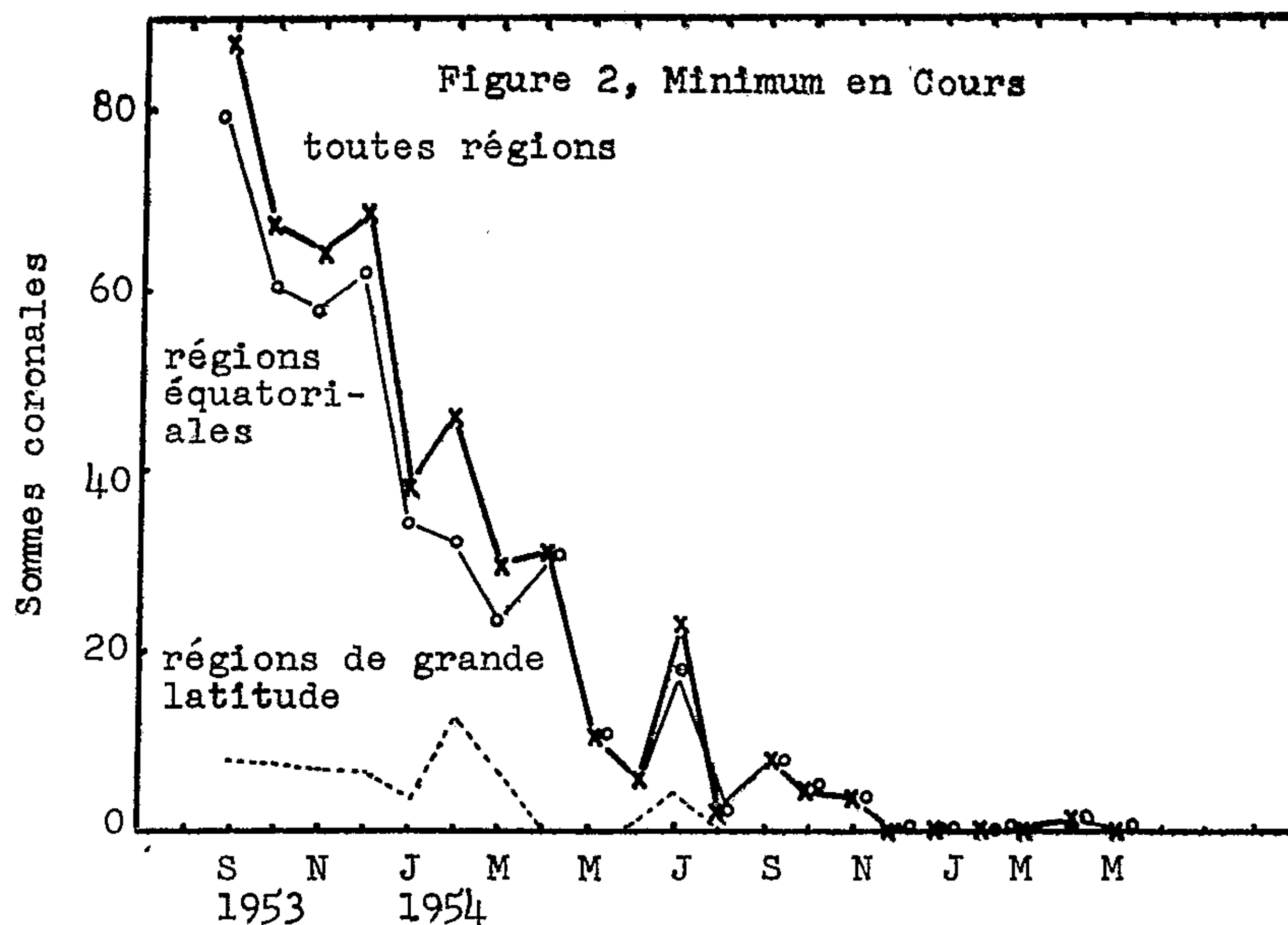
Le minimum de 1944, à en juger par le nombre des taches solaires, se situe en avril, trois mois après que l'émission de la raie verte coronale soit devenue plus grande dans les hautes latitudes que dans la zone équatoriale (janvier 1944). Ce minimum se situerait en novembre 1943 si l'on tient compte du minimum

des intensités coronales (graphique 1). Il y a environ un an (juillet 1953) l'intensité de la raie verte coronale était à peu près la même que l'intensité minimum atteinte en novembre 1943 (graphique 2). De décembre 1953 à

Moyenne mensuelle des sommes coronales quotidiennes pour la raie 5303A (intensité > 4).

(Bord Est, Observations de Climax)





juillet 1954, l'émission de la raie verte était fréquemment invisible à toutes les latitudes. Mais au début du mois d'août 1954 nous avons observé deux phénomènes suggérant l'apparition de la partie ascendante du nouveau cycle : le premier est l'observation d'une émission notable de la raie verte aux très hautes latitudes, le second l'existence d'un centre actif émettant une raie verte aux hautes latitudes. L'émission de la raie verte dans les régions équatoriales est pratiquement disparue actuellement, ce qui prouve que l'ancien cycle est fini.

Ce minimum extrêmement plat se situant après un cycle très intense d'activité solaire semble suggérer que le prochain cycle sera d'intensité plus faible, si l'on se base sur le fait que les cycles faibles ont un accroissement lent du nombre des taches. Ceci est en accord avec la périodicité de 78 ans trouvée par Wolf (1) pour les cycles solaires, comme l'avait déjà montré Waldmeier (2) en prévoyant l'intensité du maximum de 1947. Si l'on suppose donc que le prochain maximum se comportera comme ceux de 1879 et de 1799, il devrait être assez bas (R_m de 60 à 80 environ). L'époque de ce maximum, déduite approximativement de la loi donnée par Waldmeier ($\log R_m = 2,58 - 0,14\,T$) se situerait entre l'été 1959 et la fin de 1960 en fixant le présent minimum des taches pendant l'été 1954. Ceci est nettement plus tard que ne le laisserait prévoir la périodicité moyenne de onze ans entre les différents maxima.

PHYSIQUE SOLAIRE. — *La prédiction des perturbations géomagnétiques.* Note de MM. **Jean-Claude Pecker** et **Walter Orr Roberts**, présentée par M. André Danjon.

1. La récurrence des perturbations géomagnétiques avec une périodicité de 27 jours a conduit A. Shapley à une méthode de prédiction des indices géomagnétiques (1). Cependant, comme les auteurs l'ont montré dans une note récente (2), la périodicité de 27 jours n'a qu'une valeur moyenne, et les valeurs individuelles vont de moins de 26 jours à plus de 28; de plus, la méthode de Shapley ne tient pas compte des maxima observés dans les valeurs des indices en mars et septembre. La méthode proposée, plus détaillée, tient compte de ces faits. Toutefois, nous n'avons pas l'intension de prédire la valeur des indices chaque jour, mais essentiellement la *date* et l'*intensité* des maxima. L'indice utilisé dans ce travail est $\overline{(K_p)}_5$ ou $\overline{(K_{Ch})}_3$, dont l'usage a été justifié auparavant (2).

---

(1) *Astr. Mitt.*, Zürich, N° 14.
(2) *Experientia*, N/9, 1946.

(1) *Trans. Americ. Geophys. Un.*, 28, 1947, p. 715.
(2) *Science U.S.A.*, sous presse.

2. Dans la méthode proposée, trois sortes d'extrapolation ont été utilisées :

a. Pour chaque série individuelle de maxima, la *périodicité* d'apparition a été extrapolée sur un diagramme du type de Bartels (*fig.* 1*a*).

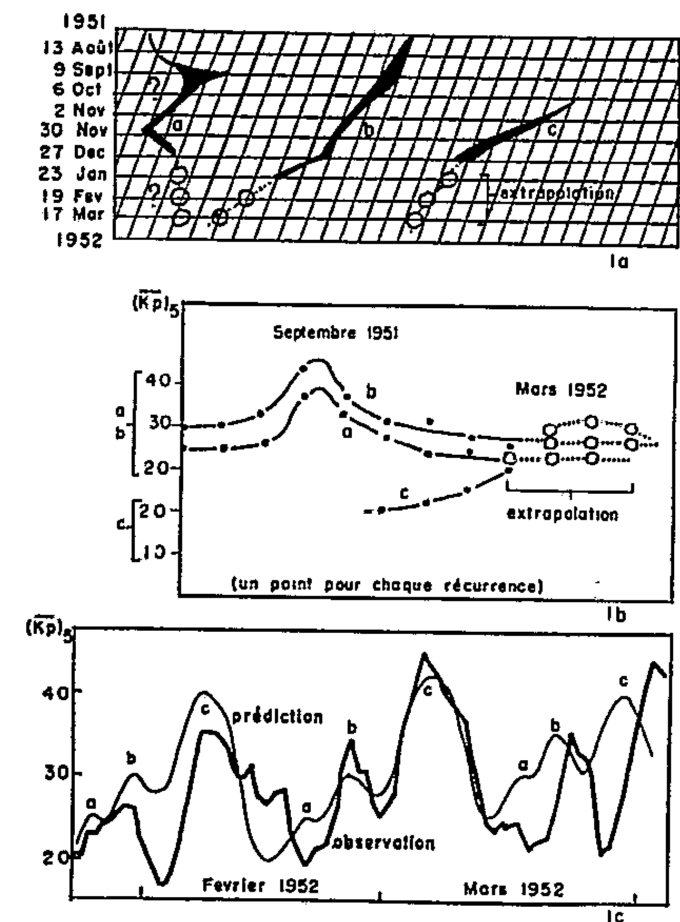


Fig. 1.

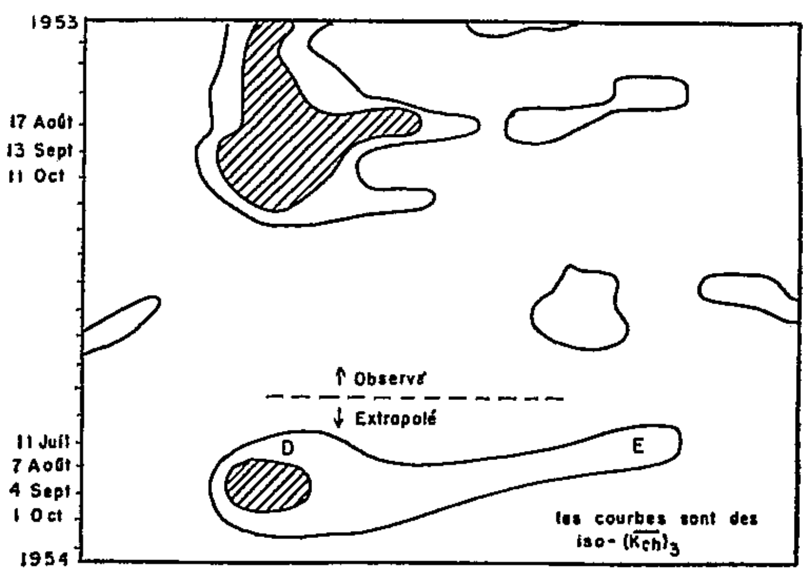


Fig. 2.

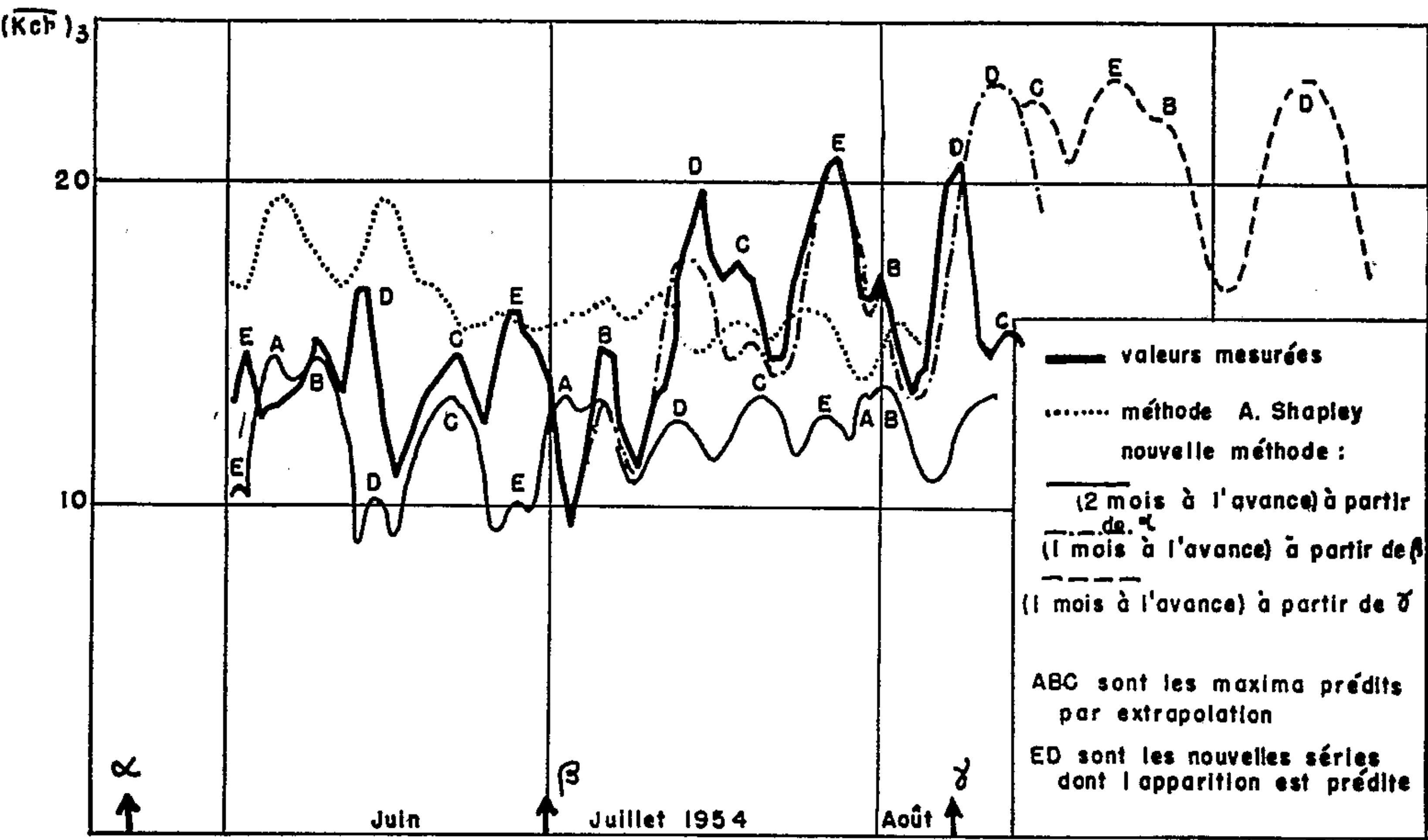


Fig. 3.

b. *L'intensité* des maxima successifs a été extrapolée, en tenant compte de leur tendance à passer par un maximum en mars ou en septembre (*fig.* 1*b*).

c. La réapparition, chaque année, à des longitudes héliographiques

fixes (3) de séries récurrentes, a été utilisée pour la prédiction de l'apparition de *nouvelles séries* (*fig.* 2).

La figure 1c montre un exemple de prédiction pour la période janvier-avril 1952.

La figure 3 montre cette prédiction pour la période en cours, en utilisant trois dates successives de prédiction.

3. On peut faire sur ces diagrammes plusieurs constatations : *a*. En ce qui concerne la position des maxima, nos prédictions, même plusieurs mois à l'avance, montrent un accord remarquable avec l'observation, sauf en ce qui concerne le maximum A qui a disparu plus rapidement que nous ne le pensions. *b*. Les extrapolations des séries déjà existantes donnent des valeurs très bonnes des intensités. Au contraire, nous avons grossièrement sous-estimé les intensités des nouvelles séries; l'erreur a été corrigée dans la prédiction qui a suivi l'apparition de ces séries; la coïncidence avec la courbe expérimentale devient alors remarquable. *c*. La semaine du 8 au 16 août 1954 correspond à un échec évident. Son explication est sans doute le petit nombre de récurrences utilisées pour la prédiction de D. Une étude de la surface solaire permettrait peut-être d'expliquer de tels échecs, et de les éviter.

4. Il ne s'agit, pour l'instant, que de souligner les exigences d'une méthode encore très empirique. Un progrès futur devra être fait en la rendant plus automatique, et surtout en améliorant la prédiction des nouvelles séries. Enfin, nous ne saurions trop insister sur le fait que cette analyse, valable en période de pré-minimum, ne saurait sans danger être généralisée aux périodes de maximum de l'activité solaire, où les récurrences sont masquées par de grands orages magnétiques. Une méthode complète de prédiction devrait nécessairement tenir compte des sources solaires de particules géomagnétiquement actives et faire la distinction entre les différentes actions possibles de ces particules, en s'inspirant des recherches de divers auteurs sur les corrélations entre l'activité géomagnétique et les phénomènes solaires (4).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Le choix de la métrique et du champ électromagnétique en théorie unitaire d'Einstein.* Note de Mlle **Stamatia Mavridès**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Dans une Note précédente (1), nous avions supposé que la métrique et les

(3) Bhargava, Naqvi, *Nature*, G.B., 173, 1954, p. 498; Pecker, Roberts, *J. Colorado-Wyoming, Acad. Sc.*, sous presse (séance du 30 mars 1954).

(4) Pecker, Roberts, *J. Geophys. Res.*, (sous presse).

(1) S. Mavridès, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1566. Nous désignons ici par $g^{\mu\nu}$ et $h^{\mu\nu}$ ce qui, dans cette précédente Note, était respectivement $r^{\mu\nu}$ et $g^{\mu\nu}$. g, γ, φ, h, f, π, $gg^{\mu\nu}$,

champs physiques pouvaient être définis de la manière suivante :

$$(1) \qquad \pi_{\mu\nu} = a_{\mu\nu} + s_{\mu\nu} = \mathcal{J} g_{\mu\nu} \begin{cases} a_{\mu\nu} = \mathcal{J} \gamma_{\mu\nu}, & \sqrt{-a}\, a^{\mu\nu} = \mathcal{J} \sqrt{-\gamma}\, \gamma^{\mu\nu} \\ s_{\mu\nu} = \mathcal{J} \varphi_{\mu\nu}, & a = \mathcal{J}^4 \gamma \end{cases}$$

ou, ce qui est équivalent, en passant au mineur correspondant :

$$(2) \qquad \pi^{\mu\nu} = b^{\mu\nu} + t^{\mu\nu} = \frac{1}{\mathcal{J}} g^{\mu\nu} \begin{cases} b^{\mu\nu} = \frac{1}{\mathcal{J}} h^{\mu\nu}, & \sqrt{-b}\, b^{\mu\nu} = \mathcal{J} \sqrt{-h}\, h^{\mu\nu} \\ t^{\mu\nu} = \frac{1}{\mathcal{J}} f^{\mu\nu}, & b = \mathcal{J}^4 h \end{cases}$$

mais nous avions posé au départ $\mathcal{J} = \sqrt{g/\gamma}$. Sans le particulariser ici, l'invariant $\mathcal{J}$ peut être univoquement déterminé par comparaison avec les résultats de la théorie de Born-Infeld (²).

a. Supposons que la métrique « vraie » soit déterminée par $a_{\mu\nu}$ et les champs par $s_{\mu\nu}$. On peut calculer ainsi en fonction des grandeurs de la théorie d'Einstein

$$s^{\mu\nu} = a^{\mu\rho} a^{\nu\sigma} s_{\rho\sigma}, \qquad 2\sqrt{-a}\, s^{\mu\nu *} = \varepsilon^{\mu\nu\rho\sigma} s_{\rho\sigma}, \qquad 2\mathrm{F} = s_{\mu\nu} s^{\mu\nu}, \qquad 4\mathrm{G} = s_{\mu\nu} s^{\mu\nu *}.$$

On trouve alors (³)

$$\frac{s^{\mu\nu} - \mathrm{G} s^{\mu\nu *}}{(1 + \mathrm{F} - \mathrm{G}^2)^{\frac{1}{2}}} = \frac{1}{\mathcal{J}} \sqrt{\frac{\gamma}{g}} \left(\gamma^{\mu\rho} \gamma^{\nu\sigma} \varphi_{\rho\sigma} + \frac{\varphi}{\gamma} \varphi^{\mu\nu} \right) = \frac{1}{\mathcal{J}} \sqrt{\frac{g}{\gamma}} f^{\mu\nu}.$$

Pour avoir une concordance « formelle » avec la théorie de Born, il faut poser

$$p^{\mu\nu} = \frac{1}{\mathcal{J}} \sqrt{\frac{g}{\gamma}} f^{\mu\nu}.$$

Ces champs conjugués sont ici $p^{\mu\nu}$ et $s_{\mu\nu}$.

b. Supposons que la métrique soit définie par les $b_{\mu\nu}$. Les champs physiques sont rattachés aux tenseurs $h^{\mu\nu}$ et $f^{\mu\nu}$. En calculant comme précédemment les quantités $t^{\mu\nu *}$, $t_{\mu\nu}$, $2\mathrm{F} = t_{\mu\nu} t^{\mu\nu}$, $4\mathrm{G} = t_{\mu\nu} t^{\mu\nu *}$ en fonction des $f^{\mu\nu}$ et des $h^{\mu\nu}$, on a finalement

$$b_{\rho\mu} b_{\sigma\nu} \frac{t^{\mu\nu} - \mathrm{G} t^{\mu\nu *}}{(1 + \mathrm{F} - \mathrm{G}^2)^{\frac{1}{2}}} = \mathcal{J} \sqrt{\frac{h}{g}} \left(\frac{g}{f} f_{\rho\sigma} + \frac{g}{h} h_{\rho a} h_{\sigma b} f^{ab} \right) = \mathcal{J} \sqrt{\frac{h}{g}} \varphi_{\rho\sigma}.$$

Ceci est le champ conjugué de Born $p_{\rho\sigma} = b_{\rho\mu} b_{\sigma\nu} p^{\mu\nu}$. Il faut donc poser cette fois

$$p_{\mu\nu} = \mathcal{J} \sqrt{\frac{h}{g}} \varphi_{\mu\nu}.$$

$\gamma\gamma^{\mu\nu}$, $\varphi\varphi^{\mu\nu}$, $hh^{\mu\nu}$, $ff^{\mu\nu}$, $\pi\pi^{\mu\nu}$ sont respectivement les déterminants et les mineurs des éléments $g_{\mu\nu}$, $\gamma_{\mu\nu}$, $\varphi_{\mu\nu}$, $h_{\mu\nu}$, $f_{\mu\nu}$, $\pi_{\mu\nu}$. Seuls les indices des quantités physiques de la théorie de Born ($s_{\mu\nu}$, $p_{\mu\nu}$, $t_{\mu\nu}$) sont élevés au moyen de la métrique vraie (soit respectivement $a_{\mu\nu}$ et $b_{\mu\nu}$).

(²) *Proc. Roy Soc.*, A **144**, 1934, p. 425.

(³) M.-A. Tonnelat, *J. Phys. Rad.*, **12**, 1951, p. 83.

Les champs conjugués sont ici $p_{\mu\nu}$ et $t^{\mu\nu}$.

On a ainsi défini une métrique $(a_{\mu\nu}, b_{\mu\nu})$ et des champs tels qu'ils soient liés entre eux, formellement, comme les champs de Born-Infeld. La correspondance ainsi établie

1° se fait à un invariant près $\mathcal{J}$ qu'elle ne saurait déterminer.

2° est purement formelle, car la théorie de Born suppose une métrique $(a_{kl})_0$ quelconque mais euclidienne, ce qui n'est pas le cas ici.

2. Choisissons l'invariant $\mathcal{J}$ pour que les relations de la théorie d'Einstein (en $\sqrt{-g}f_{\mu\nu}$) soient formellement du type de celles de Born (en $\sqrt{-a}p^{\mu\nu}$). On a

$$(a) \qquad \partial_\nu\sqrt{-g}f^{\mu\nu} = \partial_\nu\frac{\sqrt{-a}\,p^{\mu\nu}}{\mathcal{J}} = 0 \rightarrow \partial_\nu\sqrt{-a}\,p^{\mu\nu} = 0 \qquad \text{si} \quad \mathcal{J} = 1,$$

$$(b) \qquad \partial_\nu\sqrt{-g}f^{\mu\nu} = \partial_\nu\frac{\mathcal{J}\sqrt{-g}}{\sqrt{-b}}\sqrt{-b}\,t^{\mu\nu} = \partial_\nu\left(\frac{1}{\mathcal{J}}\sqrt{\frac{g}{h}}\right)(\sqrt{-b}\,t^{\mu\nu}) = 0.$$

$$\rightarrow \partial_\nu\sqrt{-b}\,t^{\mu\nu} = 0 \qquad \text{si} \quad \mathcal{J} = \sqrt{\frac{g}{h}} = \sqrt{\frac{\gamma}{g}}.$$

Avec ces conditions, on a aussi les autres équations du type Born $(\partial_\nu\sqrt{-a}s^{\mu\nu*} = 0)$ si l'on postule $I_{\mu\nu\rho} = \partial_{[\rho}\varphi_{\mu\nu]} = 0$.

3. $\mathcal{J}$ étant ainsi déterminé, calculons la valeur des champs physiques dans le cas particulier d'une solution statique à symétrie sphérique purement électrique que nous supposerons liée aux champs f^{14} et φ_{14} (4). On a alors la solution calculée par Papapetrou (5) et l'on trouve après calcul (6)

Cas a :

$$-bp^{14} = \frac{e}{r^2}\frac{1}{\sqrt{1+\frac{k^2}{r^4}}} = \mathrm{E}, \qquad bs_{14} = \frac{e}{r^2} = \mathrm{D} \qquad \left(\text{avec } b = \frac{e}{r_0^2}\right).$$

Cas b :

$$bp_{14} = \frac{e}{r^2} = \mathrm{D}, \qquad -bt^{14} = b\frac{1}{\sqrt{1+\frac{k^2}{r^4}}}\frac{k}{r^2} = \frac{e}{r^2}\frac{1}{\sqrt{1+\frac{k^2}{r^4}}} = \mathrm{E}.$$

La métrique et les champs sont fonction de la charge. Une équation en densité $\partial_4 r^2 \sin\theta\sqrt{1+(k^2/r^4)}\,\mathrm{E}$ relative à un champ E (fini) dans un système

---

(4) Si elle était liée aux champs f^{23} et p_{23}, on aurait la solution de Wyman qui ne peut conduire à des résultats satisfaisants.

(5) *Proc. Roy. I. Acad.*, 52 A, 1948, p. 69.

(6) Dans la Note (1), nous avions déterminé $\mathcal{J} = \sqrt{g/\gamma}$ pour que dans le cas électrostatique à symétrie sphérique, les équations d'Einstein (en $\sqrt{-g}f^{\nu\mu}$) soient équivalentes à des équations en $\sqrt{-g}p^{\mu\nu}$, c'est-à-dire se réduisent effectivement à celles de Born en $\sqrt{-a_0}p^{\mu\nu}$, car $\sqrt{-g} = \sqrt{-a_0} = r^2\sin\theta$.

de coordonnées $\sqrt{-a} = r^2 \sin\theta \sqrt{1 + (k^2/r^4)}$ est équivalente à l'équation qui s'appliquerait à une induction D (infinie) dans un système de coordonnées $\sqrt{-a_0} = r^2 \sin\theta$.

SPECTROSCOPIE. — *Température de vibration dans le spectre de phosphorescence des bandes de Swan de la molécule* C_2. Note de MM. **Georges Lukacs** et **Louis Herman**, transmise par M. Jean Cabannes.

De nombreux gaz diatomiques émettent un spectre de phosphorescence sous faible pression. Les observations qualitatives faites précédemment montrent que la composition du spectre de la phosphorescence peut être très différente de celle du spectre de la décharge. Par contre, il existe fort peu de données photométriques sur la modification des rapports d'intensité des divers systèmes de bandes ou des différentes bandes à l'intérieur d'un même système lorsqu'on passe de la décharge à la phosphorescence.

L'objet de la présente Note est de donner quelques résultats quantitatifs obtenus pour le spectre de phosphorescence du système $A^3\Pi_g - X^3\Pi_u$ de la molécule C_2.

Les conditions expérimentales ont déjà été décrites (Herman 1946). Rappelons seulement que le tube à décharge sans électrodes contenait un mélange de 99 % d'hélium et 1 % de CO sous une pression totale de 3 mm de mercure. Le tube était placé à l'intérieur d'une self parcourue par des impulsions électriques composées de trains d'oscillations de fréquence 86 Mc/sec et de puissance instantanée 20 kW. La durée d'une impulsion était de 10^{-5} sec environ et leur fréquence 50 par seconde. L'image agrandie de la partie centrale du tube à décharge était projetée sur la fente du spectrographe. Un disque muni d'une fente de largeur convenable et tournant à 3 000 t/mn était placé devant la fente du spectrographe et permettait de séparer la décharge de la phosphorescence.

Nous avons fait une étude photométrique de ce système par la méthode photographique. Il faut tenir compte du fait que les bandes cométaires de CO^+ et les bandes de CH sont également émises avec une grande intensité en phosphorescence. Elles se superposent à un certain nombre de bandes de C_2 comme (4,4), (5,5), (6,6), (5,6) qui apparaissent très intenses et que nous avons dû éliminer.

Les mesures ainsi faites ont été utilisées pour déterminer la température de vibration apparente par la méthode bien connue. L'intensité d'une bande $\mathcal{J}(v', v'')$ est donnée par la relation

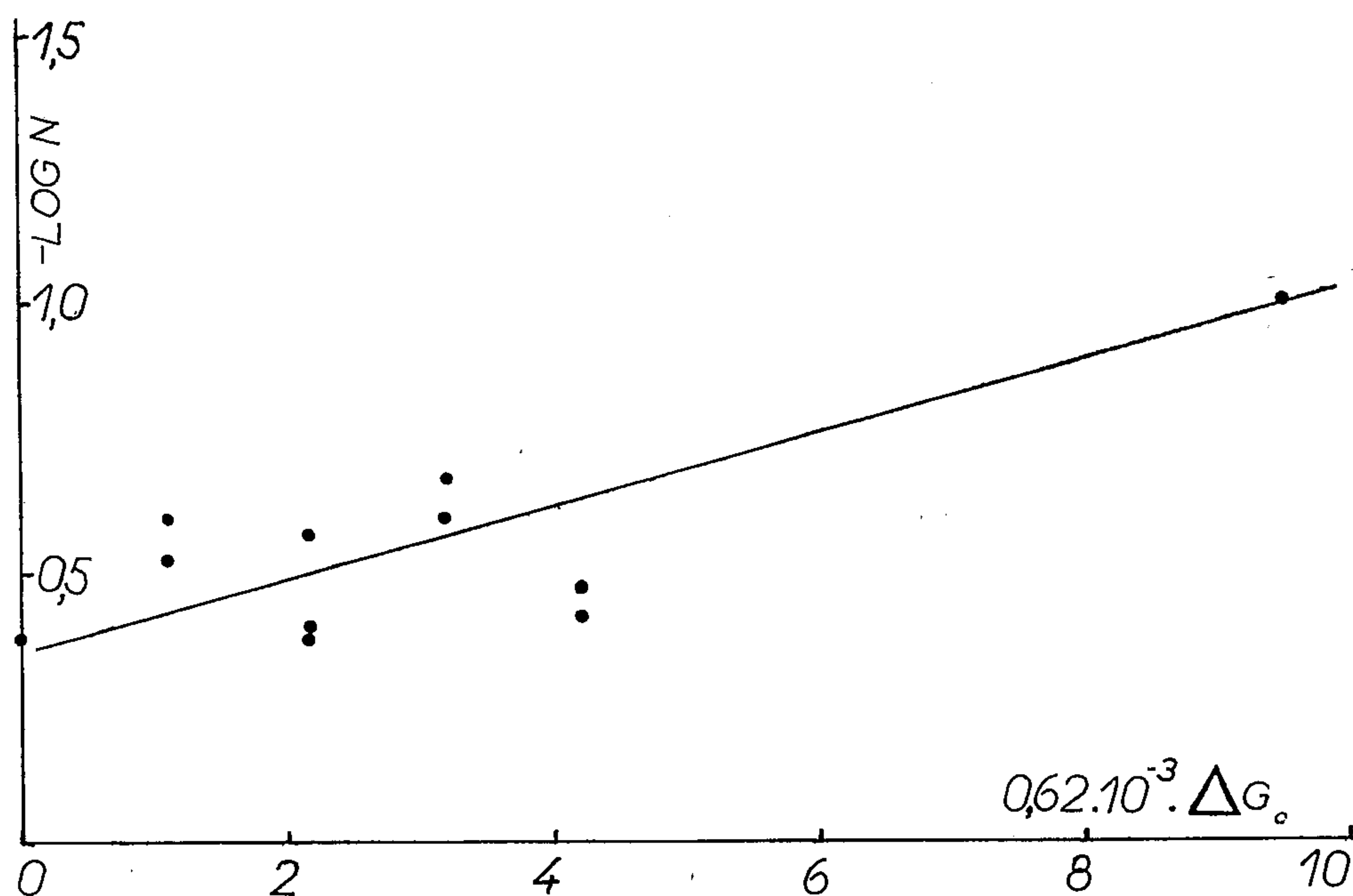
$$\mathcal{J}(v', v'') = \text{const.}\ P(v', v'')\, \nu^4 N(v'), \tag{1}$$

avec

$$(1a) \qquad N(v') = \frac{N}{Q} e^{-\frac{\Delta G_0}{kT}}.$$

$P(v', v'')$ est la probabilité relative de transition du niveau de vibration v' de l'état supérieur au niveau de vibration v'' de l'état inférieur, N est le nombre total de molécules et Q, la fonction de partition.

Marjorie Pillow (Liége, 1953), Nicholls et ses collaborateurs (Univ. Western Ontario, 1953) et Wyller (Liége, 1953), ont calculé les probabilités de transition relatives pour la plupart des bandes de Swan connues. Les valeurs données par ces auteurs diffèrent peu les unes des autres. Nous avons calculé les probabilités de transition qui nous manquaient par la méthode de Pillow. Pour la bande (10,9), il était à craindre que la courbe de potentiel utilisée soit incorrecte pour une valeur aussi élevée de v'. Nous avons donc comparé les

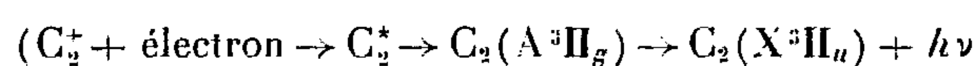


deux probabilités de transition obtenues par l'emploi des courbes de potentiel de Morse et de Hulburt-Hirschfelder. Dans ce dernier cas, nous avons déterminé la fonction d'onde de la façon suivante : on part de la fonction d'onde $\psi(r)$ de l'oscillateur harmonique, connue pour chaque valeur de la distance internucléaire r, on calcule ensuite l'énergie potentielle de l'oscillateur non harmonique correspondant au même nombre quantique de vibration v', on lit enfin sur la courbe de potentiel de Hulburt-Hirschfelder, tracée à grande échelle, la valeur de la distance internucléaire r_1 pour laquelle $\psi(r_1) = \psi(r)$. La différence entre les deux valeurs ne dépasse pas quelques pour-cent.

La figure montre les variations de $-\log N = -\log J + \log P + 4 \log \nu$ en fonction de ΔG_0. Les points expérimentaux sont assez dispersés : l'intensité des bandes à v' impair semble plus petite que celle des bandes à v' pair ce qui signifierait, sans doute, en toute rigueur, qu'il n'existe pas de « température » de vibration. Toutefois, les points de la figure, tracés pour les nombres quantiques compris entre 0 et 10, se placent approximativement autour d'une droite dont la pente correspond à une température voisine de 15 000° K. Cette valeur est certainement beaucoup plus grande que la température thermodynamique du gaz qui n'excède pas quelques centaines de degrés centigrades, l'observation de la phosphorescence ayant lieu au plus tôt 5.10^{-5} s après l'arrêt des oscillations.

Pour rendre compte d'une « température » de vibration aussi élevée, on doit admettre que : 1° les molécules excitées de C_2 peuvent subir de nombreuses collisions sans perdre leur énergie de vibration; 2° un troisième état électronique, au moins, intervient dans le mécanisme d'émission de la phosphorescence.

Nous montrerons dans un article plus détaillé comment le processus d'émission par recombinaison radiative



$$(C_2^+ + \text{électron} \rightarrow C_2^* \rightarrow C_2(A\,^3\Pi_g) \rightarrow C_2(X\,^3\Pi_u) + h\nu$$

pourrait rendre compte des observations.

ÉLECTROCHIMIE. — *Action du fluor sur les courbes de surtension d'hydrogène des électrodes de platine platiné.* Note (*) de M. **Maurice Bonnemay**, présentée par M. Eugène Darmois.

On se propose de rendre compte des modifications apportées aux courbes de surtension d'hydrogène relatives à une électrode de platine platiné, par la fixation sur cette électrode, de faibles quantités de fluor.

On a déjà exposé dans différents travaux, une méthode d'étude de l'empoisonnement des électrodes de platine platiné par de faibles quantités de différents corps déposés électrolytiquement.

En particulier l'action du chlore a été étudiée de manière détaillée. Dans le cadre d'une série de recherches destinées à préciser l'action des halogènes, on se propose dans cette Note de rendre compte des résultats relatifs au fluor.

Le mode de préparation des électrodes et la méthode de mesure ayant déjà été décrits plusieurs fois, on n'y reviendra pas; on précisera seulement les conditions d'empoisonnement par le fluor.

(*) Séance du 2 août 1954.

La solution utilisée était une solution de fluorure de sodium, l'électrode étudiée étant placée à l'anode.

Les facteurs, dont le rôle a été étudié, sont les suivants : concentration de la solution de fluorure, intensité, potentiel anodique, durée d'électrolyse, température.

Après traitement dans la solution d'empoisonnement, l'électrode, dûment rincée, était placée dans une solution d'HCl normal à la cathode dans un vase à deux compartiments et la courbe de surtension d'hydrogène était tracée.

Les principaux résultats expérimentaux peuvent se résumer comme suit :

L'empoisonnement se traduit par une augmentation de la surtension qui correspond à une intensité donnée.

L'accroissement de surtension est très important (de l'ordre de 50 % pour de faibles quantités de fluor, mais on observe rapidement une saturation du phénomène c'est ce qui résulte du tableau suivant :

Surtension observée pour l'intensité 10^{-3} A (surface géométrique de l'électrode deux faces : 8 cm²). Intensité d'empoisonnement 10^{-3} A.

Électrode saine			19.10^{-3} V
Durée d'empoisonnement :		1 mn	25.10^{-3} V
—	—	5 mn	26.10^{-3} V
—	—	20 mn	27.10^{-3} V
—	—	30 mn	27.10^{-3} V
—	—	60 mn	27.10^{-3} V

Si l'on empoisonne à temps constant, mais en changeant l'intensité, les résultats sont qualitativement semblables, de plus la comparaison des deux séries de mesures montre que l'augmentation de surtension qui correspond à une même quantité d'électricité consommée au cours d'empoisonnement, est sensiblement la même dans les deux cas, contrairement à ce que l'on a observé dans le cas du chlore.

En d'autres termes, le potentiel de l'électrode, par rapport à la solution pendant l'opération d'empoisonnement ne semble pas jouer de rôle important.

La comparaison des résultats, pour une même quantité de courant d'empoisonnement, mais différentes concentrations des solutions de fluorure de sodium, montre que l'effet décroît avec la concentration de la solution, d'une manière faible, mais nettement observable.

L'effet de température est toujours nul.

Si l'on compare les résultats relatifs au fluor et au chlore, on constate qu'ils sont très différents, même sur le plan qualitatif.

Si l'on retrouve bien dans les deux cas le phénomène de saturation en fonction de la quantité de poison fixée (ou du moins de la quantité d'élec-

tricité dépensée au cours d'empoisonnement, on ne retrouve pas l'effet du potentiel d'empoisonnement ni l'effet de dilution qui est inversé.

Enfin, les courbes de surtension d'hydrogène des électrodes empoisonnées au fluor ne sont pas modifiées de la même manière que celles qui correspondent aux électrodes traitées par le chlore.

Dans le premier cas, à partir d'une certaine intensité qui se situe au voisinage de 5.10^{-3} A dans nos expériences, toutes les courbes sont parallèles et présentent une partie rectiligne, dans le second cas, ces mêmes courbes divergent et l'accroissement de surtension à intensité constante, augmente exponentiellement avec l'intensité.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Emploi de la notion de loge dans l'étude des liaisons chimiques.* Note (*) de Mlle **Hélène Brion**, M. **Raymond Daudel** et Mme **Simone Odiot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Lorsque Lewis proposa d'associer deux électrons à chaque simple liaison chimique, on ne possédait pas des idées aussi précises que maintenant sur le comportement dynamique de ces corpuscules. L'indiscernabilité des électrons, leur mouvement incessant, et l'impossibilité de leur associer des trajectoires précises et plus encore des positions fixes, rend aujourd'hui bien plus difficile la compréhension de l'extraordinaire fécondité de la systématique de Lewis. Lennard Jones et ses collaborateurs ont souligné l'importance des corrélations dans ce problème. Nous allons ici l'examiner du point de vue de la notion de loge (1).

Notons tout d'abord qu'il est possible de distinguer des loges de cœur et des loges de liaison.

Considérons, en effet, un bon découpage en loges des différents atomes constituant une molécule. Dans un bon découpage en loges de la molécule elle-même, on retrouvera en général des loges figurant déjà à de légères altérations près dans les différents atomes avant liaison. Elles peuvent être appelées loges de cœur tandis que les autres constituent les loges de liaison.

Discutons de ce point de vue le cas de la molécule de lithium Li_2. Nous aurons successivement à étudier les loges de l'atome libre de lithium et celles de la molécule. Pour l'état fondamental de l'atome, nous adoptons une fonction d'onde ayant la forme d'un déterminant à la Slater, avec les fonctions monoélectroniques (2) :

$$1s = \sqrt{c^3/\pi}\, e^{-cr}, \quad 2s = N(r-\alpha)\, e^{-dr}$$

(*) Séance du 2 août 1954.

(1) Au sujet de cette notion voir par exemple : R. Daudel, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 601 ; R. Daudel, S. Odiot et H. Brion, *J. de Chimie Physique*, 51, 1954, p. 74.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, A 181, 1943, p. 378.

avec :

$$c = 2{,}694 \qquad d = 0{,}767 \qquad \alpha = 0{,}867.$$

Admettons que l'atome renferme deux électrons de spin $+1/2\,(h/2\pi)$ et un de spin $-1/2\,(h/2\pi)$; le problème du découpage en loges ne se pose que vis-à-vis des deux premiers.

On trouve sans peine en suivant une méthode déjà exposée (1) que le meilleur découpage sphérique est constitué par une sphère concentrique au noyau et de rayon $R = 1{,}44\,a_0$; la probabilité de trouver un électron et un seul de spin $+1/2\,(h/2\pi)$ dans cette sphère étant de 0,97 ce qui correspond à un défaut de localisation de seulement 3 %.

Dans le cas de la molécule, nous adopterons la fonction utilisée par Coulson et Duncanson (2) qui, entre autres qualités, présente l'intérêt d'avoir une forme comparable à celle de la fonction d'onde retenue dans le cas de l'atome. *C'est une fonction à 6 variables électroniques que l'on peut noter :*

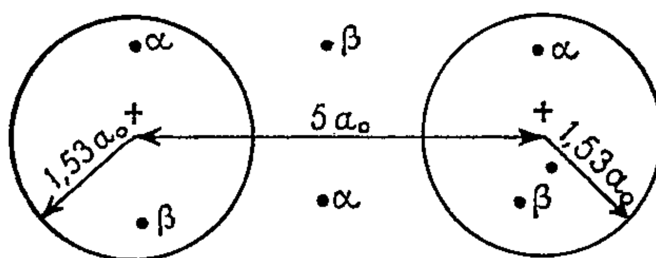
$$\Psi(1, 2, \ldots, 6) = \text{dét.}\ 1s_{a\alpha}(1).\ \ 1s_{a\beta}(2).\ \ 1s_{b\alpha}(3).\ \ 1s_{b\beta}(4).\ \ 2\sigma_\alpha(5).\ \ 2\sigma_\beta(6)$$

avec

$$1s_a = \sqrt{\frac{c^3}{\pi}}\,e^{-cr_a}, \qquad 1s_b = \sqrt{\frac{c^3}{\pi}}\,e^{-cr_b},$$

$$2\sigma = N_\sigma[2s_a + 2s_b], \qquad 2s_a = N(r_a - \alpha)\,e^{-dr_a}, \qquad 2s_b = N(r_b - \alpha)\,e^{-dr_b},$$

r_a et r_b représentant les distances respectives au premier et au second noyau Li, N et N_σ étant des constantes de normalisation, c, d et α des paramètres calculés pour minimiser l'énergie du système et valant alors : $c = 2{,}7$; $d = 0{,}81$; $\alpha = 1{,}008$. Dans cette molécule, il y a trois électrons de chaque spin. On doit donc envisager trois loges. Envisageons les découpages en loges formés par deux sphères respectivement concentriques à chaque noyau et d'égal rayon R. On peut calculer la valeur de R correspondant au meilleur découpage de ce sous-ensemble. On trouve $R = 1{,}53\,a_0$.



α note un électron de spin $+1/2\,\frac{h}{2\pi}$; β note un électron de spin $-1/2\,\frac{h}{2\pi}$.

Les deux loges entourant ainsi les noyaux de la molécule Li_2 ressemblent beaucoup à la loge K de l'atome Li libre. On peut les considérer comme jouant le rôle de loges de cœur, le reste de l'espace de la molécule constituant une loge de liaison.

La probabilité de trouver un électron et un seul de spin donné dans une

des loges de cœur ainsi définie est de 0,98, celle de trouver un électron et un seul de spin donné dans la loge de liaison est de 0,95. Le découpage ainsi obtenu est très bon, son défaut de localisation étant de 3 %.

On peut dire que dans la majorité des cas, les électrons de la molécule de lithium peuvent être considérés comme « occupant » des positions conformes à la figure : un électron de chaque spin dans chaque loge de cœur; un électron de chaque spin dans la loge de liaison.

Telle est, nous semble-t-il, l'image dérivée de la mécanique ondulatoire la plus proche de la notation de Lewis, la plus en accord avec les idées des chimistes.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Systématique et biochimie des Amaryllidacées. Le contenu glucidique de* Pancratium maritimum *L.* Note de Mlle **Marie-Louise du Mérac**, présentée par M. Raoul Combes.

Constituants des membranes, mucilages et amidon ne sont pas les seuls glucides des bulbes de *Pancratium maritimum*. Ceux-ci ont une importante réserve de sucres solubles : glucose, fructose, saccharose, accompagnant une série de glucofructosanes solubles dans l'alcool. La valeur systématique de ce chimisme reste encore insuffisamment connue.

Nous avons, dans une précédente Note [1], signalé la richesse en glucides de *Pancratium maritimum* et indiqué la provenance du matériel étudié. Voici l'analyse détaillée de bulbes en repos végétatif et de bourgeons au début de leur développement.

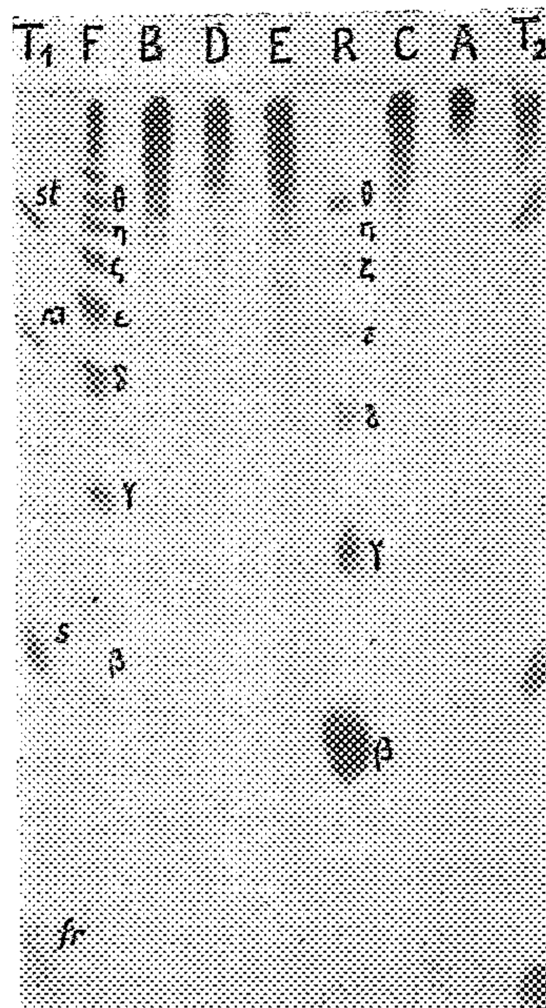
A côté de mucilage, l'amidon s'y trouve en abondance, 11 % du poids frais (38 % du sec). Il ne représente pourtant qu'une part de la réserve glucidique. Celle-ci comprend encore une importante proportion de sucres solubles : oses réducteurs (r), saccharose (s) et surtout fructosanes (f). Dans le tableau ci-dessous sont consignés les résultats moyens de nombreux dosages; $[\alpha_1]$ désigne le pouvoir rotatoire que les sucres solubles confèrent aux extraits alcooliques, $[\alpha_2]$ celui qu'on observe après hydrolyse.

Organes analysés date et lieu de récolte.	r (en g de sucre interverti p. 100 g secs.)	s	f	Poids d'un organe moyen sec (g).	frais (g).	Extrait total $[\alpha_1]$.	$[\alpha_2]$.
7 Bulbes Ile-Rousse juil. 1950....	traces	2,9	11,2	46	119	— 7°	—60°
45 » St Aygulf nov. 1951.....	0	5,3	12,8	8,3	45	+ 6°,2	—56°,7
50 » Le Canet août 1951..	0,6	2,3	21,7	36,5	125	—10°	—63°
27 Bourgeons Le Canet août 1951..	0,9	3,2	18,8	2,1	7	+ 2°,6	—33°,3

En prenant soin de neutraliser le suc cellulaire acide (pH 5,3 à 5,5) on extrait aisément l'ensemble des glucides solubles par l'alcool à l'ébullition. Les

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 300.

bulbes fournissent des liqueurs peu lévogyres, parfois même dextrogyres, pas ou peu réductrices, toujours sensibles à l'action de la saccharase. Les fructosanes qu'elles renferment forment avec la baryte des complexes solubles dans l'eau; pour qu'ils précipitent par affusion d'alcool, il est nécessaire de concentrer la liqueur et d'en éliminer les sels de Mg.



Fructosanes de *P. maritimum* : chromatogramme d'écoulement (5 jours). — Les témoins T_1, T_2 contiennent du stachyose *st*, du raffinose *ra*, du saccharose *s*, du fructose *fr* et en T_2 de la synanthrine.

Une précipitation ménagée permet de fractionner, assez imparfaitement d'ailleurs, la substance ainsi préparée. La richesse des bulbes du Canet en a permis l'étude approfondie. Nous en avons isolé une trentaine de portions qui, purifiées, prennent toutes aussi bien l'aspect de poudre blanche, hygroscopique, à saveur légèrement sucrée, mais dont les activités optiques s'échelonnent depuis — 23° (fractions de tête) jusqu'à des valeurs voisines de zéro. Dans l'extrait initial reste, non précipitable par la baryte, un mélange *dextrogyre* formé de fructosanes résiduelles, d'un peu de fructose et, pour moitié au moins, de saccharose non cristallisable dans ces conditions.

L'analyse chromatographique permet seule de préciser la composition des mélanges étudiés. L'extrait total F donne naissance à un nombre élevé de taches. Que l'entraîneur employé soit un mélange phénol-eau ou butanol-éthanol-eau, on en décèle jusqu'à 15 sur des chromatogrammes d'écoulement de huit jours, révélés à l'aide d'un réactif à l'urée. Ce sont le fructose (tache α hors de la photo), le saccharose (tache β), puis une succession de fructosanes

γ, δ, ε, ... de R_F décroissants; les huit premiers termes sont faciles à distinguer, les suivants forment des taches contiguës jusqu'à la ligne de départ. Les chromatogrammes des fractions obtenues par le traitement baryte-alcool ne sont pas ceux d'espèces chimiques, mais montrent toujours plusieurs taches. Celles-ci correspondent, avec des intensités variées, soit au chromatogramme total, soit à des segments de celui-ci A, B, C, D, E. Dans la fraction résiduelle même R on révèle encore, à la suite du saccharose, au moins six des corps satellites : ce sont eux qui en déterminent l'état amorphe persistant.

La découverte chez *P. maritimum* d'un tel complexe de fructosanes coexistant avec l'amidon n'a rien pour surprendre, puisqu'on le trouve chez d'autres Amaryllidoïdées : *Lycoris squamigera, Narcissus pseudo-Narcissus.* Mais ce chimisme glucidique a une tout autre signification systématique que l'existence de lycorine (¹). Au lieu de caractériser le groupe étroit d'une sous-famille, il est fréquent chez les Monocotylédones. La synthèse des fructosanes insolubles dans l'alcool, peu solubles dans l'eau, et sans doute à plus grosse molécule semble au contraire propre à certaines Dicotylédones.

AGRONOMIE. — *Observations sur les effets de la carence phosphorique en Beauce.* Note (*) de M. Michel Mathieu, présentée par M. Albert Demolon.

L'expérience que nous relatons a été poursuivie dans une exploitation de Concriers, dans la Beauce de Loir-et-Cher. Le limon des plateaux y repose directement sur le calcaire de Beauce. Bien que sa teneur en P_2O_5 et surtout en Ca soit loin d'être négligeable (0,11 °/₀₀ en P_2O_5 dit assimilable et 8 °/₀₀ en CaO échangeable), ostéomalacie, pica, etc. sévissent dans la région à l'état endémique sur les bovins.

L'expérimentation, poursuivie pendant deux ans a eu pour but de mesurer les effets de l'enrichissement en P_2O_5 des sols cultivés sur la santé des vaches laitières, sans qu'il soit ajouté artificiellement à la ration aucune vitamine.

Sur 8 vaches laitières, 5 montraient des signes cliniques de carence phosphocalcique. Elles ont été groupées en 2 lots de 4 ; les 4 plus atteintes recevant la nourriture enrichie.

Parallèlement, on a divisé en deux parties égales les parcelles fournissant la nourriture des vaches (luzerne, betteraves, trèfle). La moitié de chacune d'elles a reçu du superphosphate (1000 kg à l'ha en 1949, 500 kg en 1950).

De mai 1949 à février 1951, les deux lots de vaches ont reçu exactement la même quantité pondérale de nourriture en luzerne, trèfle et betteraves, le lot n° 1 étant alimenté exclusivement avec la nourriture récoltée sur les demi-parcelles laissées dans les conditions habituelles, le lot n° 2 avec la nourriture récoltée sur les demi-parcelles ayant reçu le supplément de superphosphate.

(*) Séance du 23 août 1954.

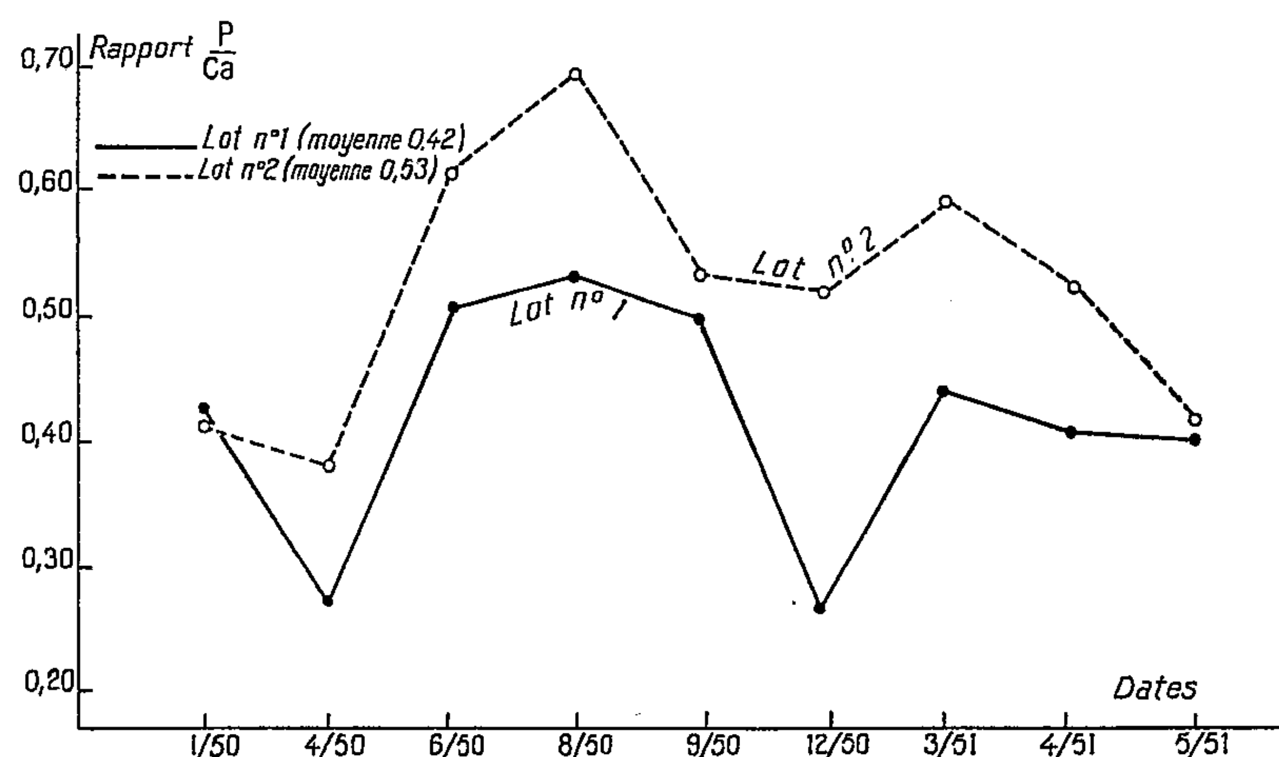
Pendant la même période on a pratiqué régulièrement le contrôle laitier-beurrier des vaches en lactation et effectué des prises de sang.

En ce qui concerne les récoltes, l'apport de P_2O_5 a augmenté le rendement en poids de 23 %. L'analyse a donné les résultats suivants en pour-cent de matière sèche :

	Luzerne		Trèfle		Betteraves	
	sans P_2O_5.	avec P_2O_5.	sans P_2O_5	avec P_2O_5.	sans P_2O_5.	avec P_2O_5.
Azote......	3,26	3,35	2,74	2,85	1,33	0,88
P_2O_5......	0,35	0,59	0,37	0,60	0,24	0,42
Ca O.......	4,16	4,25	2,38	2,46	0,40	0,39

Ce tableau montre que le superphosphate est resté sans action sur la teneur en azote et en chaux. Ainsi, la quantité de matières nutritives donnée aux deux lots de vaches s'est trouvée approximativement la même. Seule a varié l'alimentation en acide phosphorique qui a presque doublé dans la ration du lot n° 2.

Il faut noter d'autre part que le lot n° 1 a reçu une alimentation ayant une teneur en acide phosphorique légèrement supérieure à 0,30 % P_2O_5 alors qu'il est généralement admis que les maladies de carence n'apparaissent que lorsque le taux est inférieur à 0,30 %.



En ce qui concerne les animaux, dans le lot n° 1 une vache a dû être abattue en décembre 1950 pour ostéomalacie; une autre s'est trouvée cliniquement atteinte en mars 1951 et n'était pas guérie en fin d'expérience. Les deux autres sujets sont dans un état médiocre.

Dans le lot n° 2 les animaux qui étaient malades au début de l'expérience ont pratiquement guéri sans traitement médical. Une des vaches de ce dernier lot, nourrie accidentellement pendant 6 semaines avec de la nourriture du premier, a présenté quelques troubles.

Le contrôle laitier a donné les résultats suivants :

lot n° 1 { mat. grasse 35,6 g par litre
production 4 950 litres

lot n° 2 { mat. grasse 38 g par litre
production 8 550 litres.

En appliquant à chaque vache les coefficients de A. M. Leroy ([1]), l'augmentation de production des vaches du lot n° 2 ressort à 44 %.

L'augmentation de la teneur en P et en Ca du sérum de vaches est également remarquable, comme le souligne le graphique ci-contre ([2]).

Conclusions. — Les accidents d'ostéomalacie et de pica souvent constatés en Beauce semblent dus à la fois à l'insuffisance d'acide phosphorique dans le sol et à une pré-carence permanente des animaux en vitamines D entraînant une incapacité de l'organisme d'assimiler l'acide phosphorique.

Toutefois, la seule augmentation de la teneur en P de l'alimentation végétale a donné des résultats pleinement satisfaisants pour la santé des animaux et leur rendement.

Quels que soient les besoins de l'organisme animal en phosphate de chaux, l'acide phosphorique contenu dans l'alimentation végétale est seul hautement assimilable, même en cas de pré-carence en facteurs de fixation de P et de Ca.

IMMUNOLOGIE. — *Sur les anticorps témoins d'une multiplication cellulaire.* Note de M. **Jean Jacquet** et Mme **Lottie Steeg**, transmise par M. Gaston Ramon.

Nous avons vérifié, au cours d'expériences décrites précédemment ([1]), l'hypothèse de l'existence d'un antigène commun à différents tissus en cours de multiplication cellulaire, embryonnaires, jeunes ou adultes. Or, un organisme complexe comme un mammifère constitue un assemblage d'organes et tissus qui, en dehors des mécanismes régulateurs d'ensemble, ont conservé une certaine autonomie, comme en témoignent les croissances relatives dans le temps. Une poussée cytopoïétique suffisamment importante pourra donc faire apparaître des auto-anticorps qu'il sera possible de déceler par une réaction sérologique utilisant l'antigène déjà signalé.

Sur des rats, chez lesquels la recherche de ces anticorps était au départ négative, nous avons constaté que l'ablation de lambeaux cutanés de taille croissante aboutissait, à partir d'une certaine surface, au bout de 15 jours, à la formation des anticorps, au moment

---

([1]) *C. R. des Séances de l'Académie d'Agriculture*, 10 juin 1923.

([2]) Les analyses ont été faites dans le laboratoire de M. Brion (École Nationale Vétérinaire de Lyon).

([1]) J. Jacquet et Mme L. Steeg, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 626.

de la pleine cicatrisation. Des plaies chirurgicales, des exérèses musculaires rendirent d'autres rats positifs. Mais ces anticorps sont assez fugaces : s'il n'y a pas de nouvelle intervention, ils disparaissent un mois après la fin de la cicatrisation.

De la même façon, l'excitation des organes hématopoïétiques par quatre saignées successives chez des rats, cobayes, lapins, chèvres, vaches, chevaux, a fait apparaître les sensibilisatrices, chez des sujets qui n'en avaient pas au préalable dans leur sang. Une observation analogue avait été faite antérieurement ([2]) sous le nom de sensibilisatrice anti-embryonnaire, chez des lapins saignés. Nous avons en outre, constaté que le temps de maintien de ces anticorps variait avec l'espèce : rapide chez le Cobaye, un peu moins rapide chez le Rat, la négativation est plus lente chez la Vache, le Cheval et surtout la Chèvre.

Dans les sérums d'humains convalescents de poliomyélite, oreillons, fracture, nous avons encore retrouvé ces auto-anticorps, parfois en assez grande quantité.

Un bel exemple de multiplication cellulaire est représenté par la gestation. Sur plus de 500 sérums de femmes enceintes, nous en avons constaté, suivant la date, de 85 à 98 % de positifs, le jour de l'examen. Le nouveau-né, comme cela a été prouvé pour beaucoup d'anticorps, notamment par Ramon pour l'antitoxine diphtérique, n'a pu en former, à en juger d'après l'examen du sang du cordon ombilical. Des résultats comparables ont été notés avec le sérum de vaches pleines, où la présence des anticorps s'accompagne d'un taux élevé de phosphatase alcaline dont l'importance dans le métabolisme des multiplications cellulaires est certain.

Au cours de la vie, on sait que les poussées de cytopoïèse sont très fréquentes, sinon constantes, chez les jeunes, pour diminuer chez les adultes et devenir rares et presque disparaître chez les vieillards. Une exploration des anticorps naturels, indices d'une multiplication cellulaire devait être instructive. Sur 300 sérums humains, nous en avons trouvé 85 % de positifs, au moment de l'analyse, entre 10 et 20 ans; 66 % entre 20 et 40 ans; 33 % entre 40 et 50 ans; 25 % de 50 à 70 ans et 15 % au delà. Compte tenu des causes individuelles qui excitent, momentanément, une prolifération tissulaire (cicatrisation, hématopoïèse, etc.), on peut donc démontrer sur une population d'ensemble, l'existence d'une sorte d'âge physiologique caractérisé par les possibilités de reproduction des cellules estimées elles-mêmes à l'aide d'une réaction sérologique qui utilise un hétéroantigène extrait d'un tissu en multiplication. Notons que les anticorps que nous étudions tendent à disparaître chez les vieillards, alors que le taux global des globulines augmente.

Un travail systématique semblable a été entrepris chez les animaux, mais il y faut tenir compte de variations d'espèces : le Cobaye fabrique très peu de ces anticorps, comme d'ailleurs de globulines sériques, notamment γ ([3]). Le sang du Lapin est très facilement positif, ce qui correspond à la très grande facilité de cicatrisation de cet animal. Interviennent encore, avec chaque espèce, des variations dans le temps de maintien des anticorps provoqués expérimentalement.

([2]) L. Nattan-Larrier et L. Grimard, *C. R. Soc. Biol.*, 118, 1935, p. 1128.

([3]) M. Ganzin, M. Macheboeuf et P. Rebeyrotte, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 34, 1952, p. 26.

La chute, puis la quasi-disparition des anticorps témoins d'une cytopoïèse accompagnant le vieillissement, il est possible de suivre leur réapparition sous l'influence de certaines causes pathologiques, néoplasmes par exemple. Nous avons, chez l'Homme, trouvé 91 % de sujets néoplasiques non traités positifs, quel que soit leur âge. Chez les individus âgés (de 65 à plus de 85 ans), les sensibilisatrices sont présentes dans le sang de ces malades dans 100 % des cas, alors que les sujets sains du même âge sont négatifs dans 90 % des cas. Après traitement par des radiations, qui inhibent les mitoses, la proportion de ces mêmes malades positifs tombe à 44 %. Parmi ces derniers, se trouve un grand nombre d'incurables, de cas en pleine généralisation, de récidives.

Nous avons, enfin, traité des rats et souris, négatifs au départ à notre réaction sérologique, par des applications cutanées de méthylcholantrène. Dès que la peau est devenue fibreuse, épaissie et forme un début de tumeur, bien qu'encore non cancéreuse, nous avons vérifié l'apparition des anticorps de cytopoïèse. Après ablation de la masse primitive et du pourtour réactionnel, ces sensibilisatrices disparaissent.

Il semble donc bien que, lors de poussées de cytopoïèse, il apparaisse des anticorps, dont nous avons vérifié qu'ils étaient différents de ceux de Forssmann et que l'on peut déceler par un antigène renfermé dans de nombreux tissus en cours de multiplication cellulaire. Ces auto-anticorps sont presque constants pendant toute la jeunesse; on les observe aussi lors de cicatrisation suffisamment étendue, de régénération sanguine, de certaines convalescences, de gestation, de tumeurs. Au cours de la vie adulte et de la vieillesse, ils diminuent progressivement. On peut en provoquer, expérimentalement, l'apparition chez les animaux.

La séance est levée à 15 h 35 m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 SEPTEMBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Jacques Hadamard** signale à l'Académie la présence de M. **Binyamin Amira**, Professeur à l'Université et Directeur de l'Institut mathématique de Jérusalem. M. le Président souhaite la bienvenue à celui-ci et l'invite à prendre part à la séance.

M. le **Président** donne lecture du Décret suivant :

DÉCRET

portant modification du nombre des Associés étrangers et des Correspondants de l'Académie des sciences.

Le Président du Conseil des Ministres,

Sur la proposition du Ministre de l'Éducation Nationale,

Vu la loi du 3 brumaire an IV (articles 2 et 3),

Vu l'arrêté consulaire du 3 pluviose an XI et l'ordonnance du 21 mars 1816,

Vu le décret du 1er décembre 1909 portant de 8 à 12 le nombre des Associés étrangers de l'Académie des sciences,

Vu le décret du 24 juin 1899 portant de 100 à 116 le nombre des Correspondants de l'Académie des sciences,

Vu la délibération de l'Académie des sciences en date du 21 juin 1954.

Considérant que le nombre des Savants étrangers susceptibles d'être élus Correspondants ou Associés étrangers s'est considérablement accru depuis la fixation des effectifs correspondants,

Décrète

Article premier. — Le nombre des places d'Associés étrangers de l'Académie des sciences est porté de 12 à 20.

ARTICLE 2. — Le nombre des Correspondants de cette même Académie est porté à 120.

ARTICLE 3. — Le Ministre de l'Éducation Nationale est chargé de l'exécution du présent décret qui sera publié au *Journal Officiel de la République française.*

Fait à Paris, le 25 août 1954.
Signé : PIERRE MENDÈS-FRANCE.

Par le Président du Conseil des Ministres,
Le Ministre de l'Éducation Nationale,
Signé : JEAN BERTHOIN.

M. **LOUIS BLARINGHEM** suggère à l'Académie d'exprimer son émotion devant les deuils et les souffrances provoqués par le tremblement de terre de la région d'Orléansville. Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

TOPOLOGIE PLANE. — *Les couples de continus joints dans le plan.* II. Note (*) de M. **ARNAUD DENJOY**.

Cette Note continue la précédente [1]. Démonstration, complète pour $p=2$ et commencée pour $p\geqq 3$, du théorème : dans un plan, C et C′ étant deux continus dont l'ensemble commun Γ se décompose en p continus (ou points) disjoints, si $C-\Gamma$ est dans une région R′ de C′ et $C'-\Gamma$ dans une région R de C, R.R′ forme p régions.

3° Soit maintenant $\delta=2^{-m}\delta_0<\delta'_0$.

Les $\Delta^k(\delta)$. — Ce sont les $D(R.R',\delta)$ dans un $Q(\delta)$, $\Delta^1(\delta)$ sera le domaine infini.

L'entier $h(\delta)$. — Les $\Delta^k(\delta)$ se répartissent entre un nombre fini h de régions de R.R′; $h=h(\delta)$ ne décroît pas quand δ décroît. Le nombre des régions de R.R′ est $\lim\limits_{\delta=0} h(\delta)$. *Nous montrerons que* $h(\delta)=p$ *si* $\delta<\delta'_0$.

Le nombre $\eta=\eta(\delta)$. — Quels que soient k et r, $\Delta^k(\delta)$ et $\Delta^r(\delta)$ étant dans R et dans R′ peuvent être joints par une ligne $\lambda_{k,r}(\delta)$ disjointe de C (mais non pas en général de C′) et par une ligne $\lambda'_{k,r}(\delta)$ disjointe de C′ (non de C). Soit θ la plus petite des deux distances de $\Sigma\lambda_{k,r}(\delta)$ à C et de $\Sigma\lambda'_{k,r}(\delta)$ à C′. Enfin, *si* $\Delta^k(\delta)$ et $\Delta^r(\delta)$ *sont dans une même région de* R.R′, soit $\mu_{k,r}(\delta)$ une ligne les reliant et disjointe de $C+C'$, puis $\theta'\left(<\delta\sqrt{2}\right)$ la distance de $\Sigma[\Delta^k(\delta)+\mu_{k,r}(\delta)]$ à $C+C'$; 4η sera le plus grand nombre du type $2^{-n}\delta_0$, inférieur à θ et à θ' $(\eta<\delta/2)$.

(*) Séance du 23 août 1954.

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 561.

$D(\rho, \eta)$ *et les* ϖ_i. — $D(\rho, \eta)$ contiendra $D(\rho, \delta_0)$, donc tous les ϖ_i^0 et aura pour frontière les ϖ_i; $(\varpi_i)^-$ contenant Γ_i, est contenu dans $(\varpi_i^0)^-$, $(\varpi_i)^+$ contenant $(\varpi_i^0)^+$, les ϖ_j^0, les ϖ_j et les $\Gamma_j (j \neq i)$.

Le nombre ε. — 4ε sera la plus courte distance de $C.D(\rho, \eta)$ et de $C'.D(\rho, \eta)$.

Si les chaînes c ou $(\alpha\beta)$ de points de C, c' ou $(\alpha'\beta')$ de points de C′ ont leurs pas inférieurs à $\sigma < (\eta, \varepsilon, \tau_0)$, $\bar{c}$ et $\bar{c}'$ sont distantes de plus de 3ε et ne sont rencontrées : $\bar{c}$ par aucun $\lambda_{k,r}(\delta)$, $\bar{c}'$ par aucun $\lambda'_{k,r}(\delta)$, $\bar{c}$ ni $\bar{c}'$ par aucun $\mu_{k,r}(\delta)$.

Démonstration du théorème pour $p = 2$. — C et C′ étant continus entre Γ_1 et Γ_2, donc entre ϖ_1 et ϖ_2, il existe dans $D(\rho, \eta)$ deux chaînes, ayant le moindre nombre de points possible, de pas inférieur à σ, c ou $(\alpha\beta)$ sur C, c' ou $(\alpha'\beta')$ sur C′, α et α' étant sur ϖ_1, β et β' sur ϖ_2, les lignes brisées $\bar{c}$, $\bar{c}'$ étant simples et, sauf par leurs extrémités, entièrement situées dans $\underline{D(\rho, \eta)} = (\varpi_1)^+.(\varpi_2)^+$.

En vertu du théorème établi pour $p = 1$, ni $\bar{g}_1 = \varpi_1 + \varpi_2 + \bar{c}_1$, ni $\bar{g}'_1 = \varpi_1 + \varpi_2 + \bar{c}'_2$ ne divisent $D(\rho, \eta)$. Diminué de$(\bar{c} - \alpha - \beta)$, de $(\bar{c}' - \alpha' - \beta')$, $\underline{D(\rho, \eta)}$ borde positivement les contours

$$(T_1) \qquad \overline{\alpha\beta} + (\beta\varpi_2\beta) + \overline{\beta\alpha} + (\alpha\varpi_1\alpha),$$

$$(T'_1) \qquad \overline{\alpha'\beta'} + (\beta'\varpi_2\beta') + \overline{\beta'\alpha'} + (\alpha'\varpi_1\alpha').$$

$\bar{g}_1 + \bar{g}'_1 = \varpi_1 + \varpi_2 + \bar{c}_1 + \bar{c}_2$ divise $D(\rho, \eta)$ en deux régions $(S_1)^+$, $(S_2)^+$ limitées par les polygones

$$(S_1) \qquad \overline{\alpha\beta} + (\beta\varpi_2\beta') + \overline{\beta'\alpha'} + (\alpha'\varpi_1\alpha),$$

$$(S_2) \qquad (\alpha\varpi_1\alpha') + \overline{\alpha'\beta'} + (\beta'\varpi_2\beta) + \overline{\beta\alpha}.$$

1. D'après $\sigma < \tau_0$, $(S_1)^+$ et $(S_2)^+$ contiennent chacun un arc de ϖ_1^0 et un arc de ϖ_2^0 inclus dans $D(\rho, \delta)$, donc un domaine $\Delta^k(\delta)$.

2. Si $\Delta^k(\delta)$ est dans $(S_1)^+$ et $\Delta^r(\delta)$ dans $(S_2)^+$, la ligne $\mu_{k,r}(\delta)$ n'existe pas. Car, restant à distance de $C + C'$ supérieure à 4η, elle ne franchit ni ϖ_1 ni ϖ_2 ni $\bar{c}_1$ ni $\bar{c}'_2$ (d'après $\sigma < \eta$). Donc $h(\delta) \geq 2$.

3. Je dis que, si $\Delta^k(\delta)$ et $\Delta^r(\delta)$ sont tous deux dans $(S_1)^+$ [ou tous deux dans $(S_2)^+$], ils sont dans la même région de R.R′. Car ils peuvent être liés dans $(S_1)^+$ par deux lignes, L disjointe de C, L′ disjointe de C′.

En effet, considérons la ligne $\lambda_{k,r}(\delta)$ joignant un point A de $\Delta_k(\delta)$ à un point B de $\Delta_r(\delta)$; A et B sont dans $(S_1)^+$; $\lambda_{k,r}$ ne franchit ni ϖ_1, ni ϖ_2, ni $\bar{c}_1$. Si elle n'est pas entièrement dans $(S_1)^+$, elle en sort et elle y rentre par des points a', b' de $\bar{c}'_1$; ε' étant inférieur à la distance de deux côtés non consécutifs de S_1 (donc $\varepsilon' < \sigma$), si dans un quadrillage $Q(\varepsilon')$ le domaine $D(S_1^+, \varepsilon')$ a pour frontière le polygone φ, celui-ci est rencontré par $\lambda_{k,r}$ en un premier point ζ et un dernier point χ, aussi voisins qu'on le veut de a', b', pour ε' assez petit. On remplace $(\zeta\chi, \lambda_{k,r})$ par l'arc $\zeta\chi$ de φ approchant $(a'b', c'_1)$. L'arc substitué est distant de C′ de moins de $2\varepsilon' < 2\varepsilon$. Il est donc disjoint de C. Dès lors A et B sont joints dans $(S_1)^+$ par un chemin L disjoint de C.

De même on peut relier A à B dans $(S_1)^+$ par un chemin L′ disjoint de C′.

D'après le lemme II, on peut, dans $(S_1)^+$, joindre A à B par un chemin disjoint de $C + C'$, donc situé dans une même région de R.R'; $\Delta^k(\delta)$ et $\Delta^r(\delta)$ appartiennent tous deux à cette région.

En conséquence $h(\delta) = 2$ pour $\delta < \delta'_0$. Le théorème est établi pour $p = 2$.

Démonstration dans le cas général ($p \geqq 3$). — $(\varpi_1)^-$ contient Γ_1 et $(\varpi_1)^+$ contient $\Sigma\Gamma_j + \Sigma\varpi_j (2 \leqq j \leqq p)$; $\Sigma(\varpi_j)^+$ contient $\Gamma_1 + \varpi_1$ et $\Sigma(\varpi_j)^-$ contient $\Sigma\Gamma_j$. En conséquence C, continu entre Γ_1 et $\Sigma\Gamma_j$ est continu entre ϖ_1 et $\Sigma\varpi_j$. Il existe sur C une chaîne c_1 ou $(\alpha_1\beta_1)$, de pas inférieur à σ, *du nombre minimum de points*, α_1 étant sur ϖ_1, β_1 sur un des ϖ_j, soit ϖ_{j_2} (supposons $j_2 = 2$), la ligne simple $\bar{c}_1 = \overline{\alpha_1\beta_1}$ étant, sauf par ses points extrêmes α_1 et β_1, totalement située dans $\underline{D(\rho.\eta)} = \Pi(\varpi_i)^+ (1 \leqq i \leqq p)$.

$(\varpi_1)^+.(\varpi_2)^+$ diminué de $(\bar{c}_1 - \alpha_1 - \beta_1)$ est une région D_1 admettant pour frontière $\bar{g}_1 = \varpi_1 + \varpi_2 + \bar{c}_1$ et bordant positivement le contour dirigé

$$(T_1) \qquad \overline{\alpha_1\beta_1} + (\beta_1\varpi_2\beta_1) + \overline{\beta_1\alpha_1} + (\alpha_1\varpi_1\alpha_1).$$

Ce contour cyclique fait succéder ϖ_1 (par le point α_1), γ_1, ϖ_2, γ_2, ϖ_1; $\gamma_1 = \overline{\alpha_1\beta_1}$ joignant ϖ_1 à ϖ_2 et $\gamma_2 = -\gamma_1$ joignant ϖ_2 à ϖ_1.

C est continu entre d'une part l'ensemble $g_1 = \varpi_1 + \varpi_2 + c_1$ (c_1 est formé d'un nombre *fini* de points de C) et d'autre part $\Sigma\varpi_j (3 \leqq j \leqq p)$. Il existe sur C une chaîne c_2 ou $(\alpha_2\beta_2)$ de pas inférieur à σ et du nombre minimum possible de points, reliant g_1 à $\Sigma\varpi_j$, α_2 étant sur g_1 (donc sur ϖ_1, sur ϖ_2, ou *en l'un des points de* c_1), β_2 sur un ϖ_{j_3} que nous supposerons être ϖ_3, enfin la ligne simple $\bar{c}_2$ ou $\overline{\alpha_2\beta_2}$ étant, sauf par ses extrémités, située dans $\underline{D(\rho, \eta)}$; $D_2 = D_1 - (\bar{c}_2 - \alpha_2 - \beta_2)$ est une région (théorème pour $p = 1$), ayant pour frontière $\bar{g}_2 = \bar{g}_1 + \varpi_3 + \bar{c}_2$, et bordant positivement un contour faisant succéder cycliquement (avec répétition possible) ϖ_1, ϖ_2, ϖ_3 représentés chaque fois par un arc $(a_i\, \varpi_i\, b_i)$ (par leur totalité ou par un point si $a_i = b_i$) alternant avec des lignes de jonction $\gamma_1, \gamma_2, \ldots$

1° Si α_2 est sur $\varpi_1 + \varpi_2$, et par exemple sur ϖ_2, avec la succession cyclique ϖ_1 (par α_1), γ_1, ϖ_2, γ_2, ϖ_3, γ_3, ϖ_2, γ_4, ϖ_1, le contour dirigé de D_2 est

$$(T_2) \quad \overline{\alpha_1\beta_1} + (\beta_1\, \alpha_2,\, \varpi_2) + \overline{\alpha_2\beta_2} + (\beta_2\, \varpi_3\, \beta_2) + \overline{\beta_2\alpha_2} + (\alpha_2\, \beta_1,\, \varpi_2) + \overline{\beta_1\alpha_1} + (\alpha_1\, \varpi_1\, \alpha_1).$$

Donc $\gamma_1 + \gamma_4 = \gamma_2 + \gamma_3 = 0$.

α_2 peut être identique à β_1; $(\beta_1\, \alpha_2,\, \varpi_2)$ et $(\alpha_2\, \beta_1,\, \varpi_2)$ seront l'un le seul point $\beta_1 = \alpha_2$, l'autre le polygone total $(\beta_1\, \varpi_2\, \beta_1)$; $(\beta_1\, \alpha_2,\, \varpi_2)$ se réduira à β_1 ou sera ϖ_2 selon qu'au point β_1, ϖ_2 est du côté négatif ou du côté positif de la ligne $\overline{\alpha_1\beta_1} + \overline{\beta_1\beta_2} = \gamma_1 + \gamma_2$.

2° Si α_2 est un point intermédiaire de c_1, suivant que $\overline{\alpha_2\beta_2}$ se détache de $\overline{\alpha_1\beta_1}$ au point α_2 du côté négatif ou du côté positif, on a sur le contour dirigé T_2 l'une ou l'autre des successions cycliques ϖ_1 (par α_1), γ_1, ϖ_2, γ_2, ϖ_3, γ_3, ϖ_1 ou ϖ_1, γ_1, ϖ_3, γ_2, ϖ_2, γ_3, ϖ_1.

Dans le premier cas, $\gamma_1 = \overline{\alpha_1\beta_1}$, $\gamma_2 = \overline{\beta_1\alpha_2} + \overline{\alpha_2\beta_2}$, $\gamma_3 = \overline{\beta_2\alpha_2} + \overline{\alpha_2\alpha_1}$ et

$$(T_2) \qquad \gamma_1 + (\beta_1\, \varpi_2\, \beta_1) + \gamma_2 + (\beta_2\, \varpi_3\, \beta_2) + \gamma_3 + (\alpha_1\, \varpi_1\, \alpha_1).$$

Dans le second cas, $\gamma_1 = \overline{\alpha_1 \alpha_2} + \overline{\alpha_2 \beta_2}$, $\gamma_2 = \overline{\beta_2 \alpha_2} + \overline{\alpha_2 \beta_1}$, $\gamma_3 = \overline{\beta_1 \alpha_1}$ et

$$(T_2) \qquad \gamma_1 + (\beta_2 \varpi_3 \beta_2) + \gamma_2 + (\beta_1 \varpi_2 \beta_1) + \gamma_3 + (\alpha_1 \varpi_1 \alpha_1).$$

De proche en proche, on définit sur C successivement $(p-1)$ chaînes $\bar{c}_i$ ou $(\alpha_i \beta_i)$, de pas inférieur à σ et du nombre minimum de points, sous les conditions suivantes : Si $g_{i-1} = \varpi_1 + \ldots + \varpi_i + c_1 + c_{i-1}$ et $\bar{c}_{i-1} = \varpi_1 + \ldots + \varpi_i + \bar{c}_1 + \ldots + \bar{c}_{i-1}$, $(\varpi_1)^+ \ldots (\varpi_i)^+$ diminué de $\bar{c}_1, \ldots, \bar{c}_{i-1}$ privés de leurs points extrêmes est (application du cas $p = 1$) une région D_{i-1} ayant pour frontière $\bar{g}_{i-1}$. Dès lors, c_i joint g_{i-1} à $\Sigma \varpi_j (j = i+1, \ldots, p)$, donc à un certain ϖ_{j_i} (et nous faisons $j_i = i+1$), β_i étant sur ϖ_{i+1}, et α_i sur un $\varpi_m (m \leqq i)$ *ou sur un* $c_n (n \leqq i-1)$, enfin les lignes simples $\bar{c}_m$ ou $\overline{\alpha_m \beta_m}$ étant, sauf par leurs extrémités, dans $\underline{D(\rho, \eta)}$.

Le continu $G = g_{p-1} = \sum_{i \leqq p} \varpi_i + \sum_{i \leqq p-1} \bar{c}_i$ constitue la frontière de la région $D = D_{p-1} = D(\rho, \eta) - G$, bordant positivement un contour dirigé T_{p-1} ou T défini par la succession cyclique

$$\varpi_1 \text{ (figurant par } \alpha_1), \gamma_1, \varpi_{j_2}, \gamma_2, \ldots, \varpi_{j_k}, \gamma_k, \varpi_1.$$

Chacun des γ_m est emprunté à $\Sigma \bar{c}_i$. Chaque segment de $\Sigma \bar{c}_i$ figure dans la suite des γ_m une fois et une seule pour l'un et l'autre sens. En tant que lignes dirigées, $\Sigma \gamma_m = 0$.

Tout arc γ_m joint les deux polygones entre lesquels il est énuméré. Le polygone ϖ_{j_m} figure au rang m par un arc direct $(a_m b_m, \varpi_{j_m})$ (si $a_m = b_m$, ϖ_m figure par le seul point a_m ou par sa totalité suivant que ϖ_m est du côté négatif ou du côté positif de la ligne $\gamma_{m-1} + \gamma_m$) ; γ_m est $\overline{b_m a_{m+1}}$, tous les b_m sont distincts, tous les a_{m+1} pareillement, l'un au moins des points b_m, a_{m+1} étant un β_i. Donc $k \leqq 2p - 2$ (égalité si les ϖ_i sont en enfilade, $\gamma_r + \gamma_{2p-r-1} = 0$). Évidemment $k \geqq p$ (égalité si, sauf α_1, tous les α_r sont parmi Σc_i, $a_m = b_m$ et ϖ_m figure par $(a_m \varpi_m a_m)$.

Pareillement de C' on déduit un continu $G' = \Sigma \varpi_i + \Sigma c'_i$, frontière de la région $D' = D(\rho, \eta) - G'$.

AGRONOMIE. — *Optimum nutritif dans la culture des végétaux. Fixation de la fumure minérale.* Note de MM. **Albert Demolon** et **Jean Muller**.

Le problème posé par la fumure minérale doit trouver sa solution pratique dans la recherche de formules « type » assurant l'*optimum* alimentaire dans des conditions *définies* de milieu et de culture.

Données physiologiques. — Depuis longtemps on a cultivé les végétaux chlorophylliens dans des solutions aqueuses renfermant les quatres sels suivants : $(NO_3)_2Ca$, NO_3K, PO_4H_2K, SO_4Mg; ceux-ci plus une minime quantité de fer suffisent pour couvrir les besoins en sept éléments majeurs indispensables : N, P, S, K, Mg, Ca, Fe. Dans le tableau ci-après nous avons rapproché la composition moyenne des diverses formules classiques utilisées par les physiologistes de la composition des récoltes en agriculture :

	Sels totaux (g/l).	N (nitr. + amm.) (mg/l).	Rapports élémentaires. N.	P_2O_5.	K_2O.	$\frac{CaO + MgO}{K_2O}$.
Solutions artificielles.	2 ± 0,5	130 à 150	1	0,6 à 1,8	1 à 2	1 à 2
Récoltes diverses (% matière sèche).	»	»	1	0,6 à 1,4	1 à 2	0,8 à 1

On observe que les chiffres exprimant les rapports entre les éléments considérés et l'intervalle de leur variation sont voisins; cet équilibre traduit les exigences essentielles des plantes cultivées, mais la constatation statistique précédente n'implique aucune conclusion en ce qui concerne l'alimentation optima, c'est-à-dire celle assurant l'élaboration du maximum de matière sèche.

Divers expérimentateurs (1) ont fait varier systématiquement dans le mélange la proportion relative des 4 sels de base et leur concentration, en vue de définir la formule la plus favorable. Ces recherches et l'introduction des oligoéléments ont permis d'améliorer la formule initiale de Knop sans toutefois mettre en évidence une combinaison nettement supérieure à toutes les autres.

Récemment divers chercheurs ont repris la question en culture sur sable en se limitant aux trois éléments N — P — K, en proportion relative variable [(N. Charliers (2)]. On constate dans ces conditions que les meilleurs rendements correspondent à une zone d'équilibre déterminée entre ces trois éléments, une simple modification de leurs rapports, à quantité totale constante, permettant de doubler ou même de tripler la récolte. L'influence des équilibres ioniques sur le régime alimentaire de la plante a également été étudiée par M. Homès (3), en considérant séparément les anions N, P, S et les cations K, Ca, Mg.

Les données acquises permettent de formuler les deux lois générales suivantes :

1° *Loi des proportions définies* qui traduit l'équilibre des éléments entrant dans la constitution de la matière végétale vivante.

2° *Loi de l'optimum de concentration* (4). — Quand on fait croître la dose d'un élément nutritif, il y a augmentation d'abord rapide de la quantité absorbée et de la matière sèche formée; puis, à partir d'une certaine limite, la récolte cesse d'augmenter pour diminuer ensuite plus ou moins vite. La concentration optima dépend non de la quantité absolue de l'élément considéré mais de sa quantité relative.

Nutrition de la plante dans le sol. — Dans les conditions naturelles le problème de l'optimum alimentaire de la plante se présente de façon imprécise.

(1) W. E. Tottingham et J. W. Shive, *Physiol. Res.*, 1, 1914, p. 133-245 et 327-399.

(2) Rapport présenté au VIIIe Congrès International des Industries Agricoles, Bruxelles, 1950, 14 p.

(3) *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, 24, 1951, p. 101-122.

(4) Déjà énoncée en 1931 par G. Bertrand (*Zeits. Angew. Chem.*, n° 47, p. 917-921.

Le milieu nutritif est alors défini par le stock des éléments du sol à la disposition de la plante, auquel il faut joindre l'apport constitué par la fumure minérale. Il est *optimum* si au cours de sa croissance la plante trouve constamment l'ensemble des éléments utiles en quantité et dans un rapport favorable. La fumure joue à cet égard un rôle complémentaire qui doit s'exercer dans le temps, en maintenant les divers éléments utiles à un niveau suffisant pour couvrir les besoins au cours de la période où la vitesse de croissance est maxima.

Le cas de l'azote se présente dans des conditions particulières : après l'hiver, l'azote nitrique tombe à 1-2 mg/kg; en terre nue les nitrates s'accumulent ensuite du fait de la nitrification, pour atteindre en été dans certains sols fertiles 25-30 mg/kg. Mais au cours de la période de végétation active les nitrates sont absorbés au fur et à mesure de leur production et N se comporte comme un facteur limitant. La fumure a pour rôle d'élever en temps voulu le taux d'azote à la disposition de la plante; ce résultat peut également être obtenu par l'accroissement des réserves organiques nitrifiables.

L'équilibre N — P — K de la fumure répond à des considérations plus agronomiques que physiologiques. Il traduit la solidarité de trois éléments dont l'association se montre presque toujours avantageuse. Mais il importe de souligner que leurs rapports dans la fumure se trouvent profondément modifiés dans la solution du sol. L'expérience suivante en fournit un exemple démonstratif :

Un engrais synthétique de formule 1 — 1 — 1 a été préparé par mélange de nitrate d'ammonium, de phosphate monocalcique et de chlorure de potassium. Son comportement a été examiné dans un sol de limon et dans l'horizon B plus argileux correspondant (400 mg d'engrais par kilogramme de terre). L'humidité a été amenée à 20 %, c'est-à-dire un peu au-dessous de la capacité de rétention. La solution du sol extraite par ultracentrifugation (30 000 g) a donné à l'analyse les résultats ci-après (*voir* tableau).

On constate que l'azote nitrique agit sur la concentration proportionnellement à son poids. Il n'en est pas ainsi pour les éléments fixés, K_2O et surtout P_2O_5, qui n'élèvent la concentration que d'une façon limitée et dont la mobilisation ultérieure revêt une importance capitale; d'où la nécessité d'associer étroitement la fumure phosphopotassique et les amendements susceptibles d'accroître son efficacité. Il convient, d'autre part, d'observer que la solution extraite du sol ne donne qu'une idée imparfaite de son comportement au point de vue alimentaire, car par suite de l'hétérogénéité et de la discontinuité du sol les radicelles peuvent localement être en contact avec une solution plus concentrée que celle extraite de la masse au laboratoire ([5]). L'emploi d'engrais granulés tire avantage de cette observation.

([5]) A. DEMOLON et P. BOISCHOT, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1381.

		N nitrique.	N ammoniacal.	P_2O_5.	K_2O.	N nitrique.	N ammoniacal.	P_2O_5.	K_2O.
Quantité apportée (mg)		65,2	65,2	130,4	130	–	–	–	–
		Concentration de la solution du sol (mg/l) après 24 h.				Quantité en mg dans la solution après 24 h.			
Sol.	Témoin	160	1,3	0,24	130	20	0,17	0,03	16,4
Sol.	Engrais pulvérulent (mélange homogène)	330	7,2	0,71	220	32	0,70	0,07	21,6
Sol.	Engrais dissous dans l'eau ajoutée	350	4,2	0,95	196	36	0,43	0,09	20,0
Sous-sol.	Témoin	270	0,6	traces	97	37	0,10	traces	13,2
Sous-sol.	Engrais pulvérulent (mélange homogène)	440	1,5	0,20	210	65	0,22	0,03	31
Sous-sol.	Engrais dissous dans l'eau ajoutée	350	2,0	0,14	113	50	0,28	0,02	16
		après 6 jours (nitrification suspendue).				après 6 jours.			
Sol.	Témoin	170	2,1	0,24	52	20	0,25	0,03	6,2
Sol.	Engrais pulvérulent (mélange homogène)	380	5,1	0,85	146	48	0,64	0,10	18,2
Sol.	Engrais dissous dans l'eau ajoutée	420	5,7	0,86	130	48	0,64	0,10	14,6
Sous-sol.	Témoin	250	6,5	traces	34	40	0,10	traces	5,4
Sous-sol.	Engrais pulvérulent (mélange homogène)	360	1,6	0,20	160	60	0,27	0,03	26,6
Sous-sol.	Engrais dissous dans l'eau ajoutée	360	1,5	0,15	83	60	0,24	0,03	13,4

Fixation de la fumure optima. — Dans les sols sableux pauvres l'optimum se rapproche de celui observé dans les cultures sur sable, mais pour la plupart des sols agricoles il n'en est pas de même et l'expérimentation au champ est nécessaire pour fixer *pondéralement* à la fois la fumure la plus favorable et le mode d'application le plus efficace, au besoin par des apports échelonnés. Le plan que nous avons proposé pour standardiser ces expériences ne vise qu'une première approximation; il peut être schématisé comme suit :

1° Porter l'azote au niveau correspondant à la capacité de production du milieu, c'est-à-dire au maximum de récolte accessible.

2° Suivant les indications tirées de l'analyse du sol et la nature des cultures, porter P et K à un niveau assurant la pleine efficacité de l'azote.

Remarquons enfin qu'il ne peut exister de formule générale applicable à tous

les cas; mais la recherche agronomique doit s'efforcer de dégager un certain nombre de formules « type » répondant à des conditions de milieu et de culture déterminées; ces normes constitueront une base pour les conseils à donner aux praticiens.

BIOLOGIE MARINE. — *Les Amphipodes pélagiques du genre* Rhabdosoma ([1]). Note de M. **Louis Fage**.

Ce genre comprend quatre espèces : le rapport des sexes est normal chez deux d'entre elles; pour les deux autres, formes naines, les mâles sont inconnus ou rarissimes et leur reproduction semble assurée par voie parthénogénétique.

De ses croisières autour du monde, le *Dana* a rapporté une collection extrêmement riche d'Amphipodes pélagiques, réputés jusque là peu communs, du genre *Rhabdosoma*. Il résulte de l'examen des quelques 4 600 exemplaires qui constituent cette collection que ce genre comprend deux groupes d'espèces, morphologiquement et biologiquement bien distincts. L'un est formé par les *R. armatum* (Milne-Edwards) et *whitei* Sp. Bate, espèces de grande taille pouvant respectivement atteindre, de l'extrémité du rostre à la pointe du telson, 15,2 et 7,5 cm; l'autre comprend le *R. brevicaudatum* Stebbing et une espèce nouvelle *R. minor*, véritables formes naines qui dépassent rarement 2,5 cm de longueur totale. Ces quatre espèces se tiennent de préférence entre 100 et 150 m de profondeur, mais peuvent se rencontrer plus près encore de la surface et jusqu'à 1 000 m et plus de profondeur.

Le *R. armatum*, bien qu'existant dans les trois grands Océans, y paraît relativement peu répandu; il n'a été rencontré par le *Dana* (82 individus) qu'à une vingtaine de stations, largement distantes les unes des autres, du Pacifique, de l'Indo-Malaisie et de l'Est-Indien; il n'a pas été pêché à l'Ouest de Ceylan et, dans l'Atlantique, le *Dana* ne l'avait recueilli qu'à deux stations situées dans les parages de Sainte-Hélène. Il fait défaut à la Méditerranée.

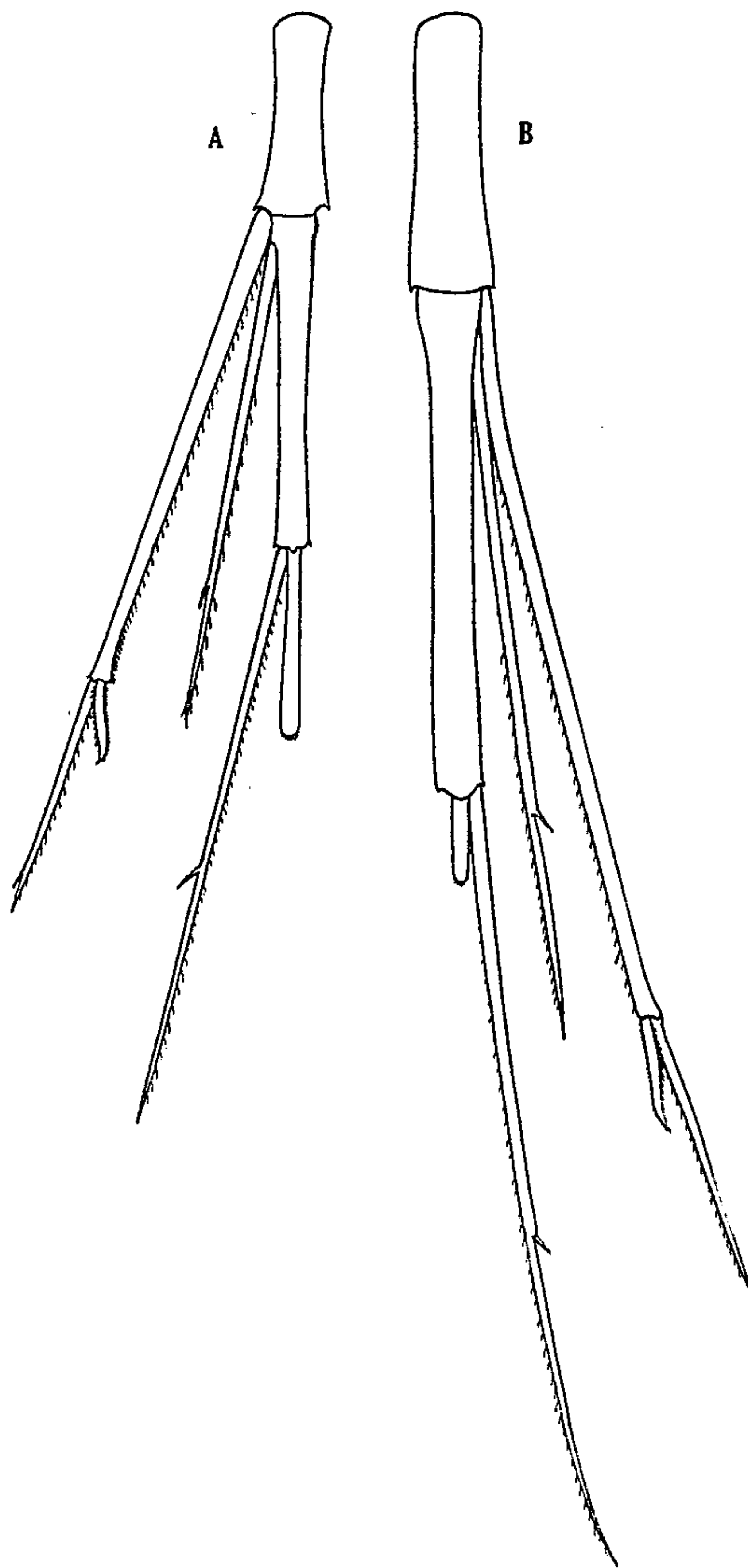
Le *R. whitei* est, au contraire, très largement distribué dans toutes les régions tropicales et sub-tropicales (2 033 individus examinés) et se trouve aussi en Méditerranée.

Les deux autres espèces se distinguent l'une de l'autre, au premier coup d'œil, par la longueur relative du telson et celle des uropodes. Chez le *R. minor* (1 930 individus examinés) le telson est presque aussi long ou plus long que la moitié du deuxième segment de l'urosome et son extrémité arrive au niveau de la pointe de la seconde paire d'uropodes. Chez le *R. brevicaudatum* (567 individus examinés) le telson est toujours plus court (jusqu'à six fois plus court)

([1]) *Papers from the* Dana *oceanographical Collections* n° 40.

que la moitié du deuxième segment de l'urosome et se trouve très longuement dépassé en arrière par la seconde paire d'uropodes.

Le *R. minor* est la seule de ces deux espèces représentée dans l'Océan Indien où il est extrêmement abondant. Le *Dana* en a capturé 1823 exemplaires, alors



A. — *Rhabdosoma minor* nov. sp. (Océan Indien) ♀ adulte, urosome, telson, uropodes.
B. — *Rhabdosoma brevicaudatum* Stebbing (Méditerranée) ♀ adulte id.

que l'espèce y était inconnue. De même, dans le Pacifique où elle n'avait également pas été signalée, 97 individus en ont été recueillis à 18 stations différentes situées, pour le Pacifique Sud, dans la région Est équatoriale et, pour le Pacifique Nord, à l'Est et à l'Ouest de part et d'autre du tropique du

Cancer. Dans le Pacifique Nord elle voisine avec le *R. brevicaudatum*, alors que celui-ci peuple sans mélange les parages de la Nouvelle-Calédonie et des îles Fidji. Dans l'Atlantique, les deux espèces coexistent également, mais le *R. brevicaudatum* n'y apparaît qu'au Nord de l'équateur et jusqu'à la latitude de la Méditerranée où il se trouve, cantonné dans le bassin oriental à l'exclusion du *R. minor*. Une capture à l'Ouest de l'Islande a révélé la présence de ce dernier à ces latitudes élevées de l'Atlantique qu'il peuple jusqu'au Cap.

Le fait que le *R. brevicaudatum* est seul représenté en Méditerranée et que le *R. minor* peuple seul l'Océan Indien et qu'ailleurs, sauf dans le Pacifique, leurs aires de répartition sont disjointes tend à appuyer la valeur spécifique des caractères morphologiques qui permettent de distinguer ces deux formes voisines.

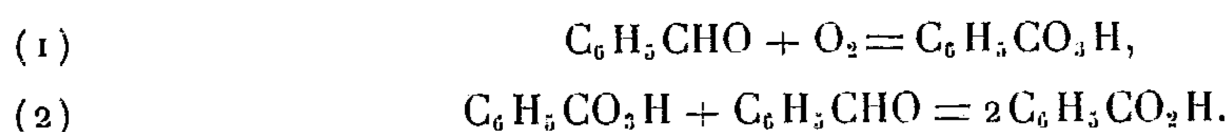
Indépendamment de leur petite taille, une particularité de grande importance oppose les deux groupes d'espèces que nous avons signalés : tandis que pour les *R. armatum* et *whitei* les mâles et les femelles sont approximativement en nombres égaux (45 ♂ pour 50 ♀, en moyenne), aucun mâle du *R. minor* ne figure parmi les milliers d'individus capturés et, parmi les 571 *R. brevicaudatum*, un seul montre un début de différenciation mâle. Au cours de l'Expédition du *Thor*, Stephensen n'a également trouvé, parmi les 195 exemplaires recueillis qu'un seul individu dans cet état. Ces deux exemplaires sont donc parmi les 2 739 connus de ces deux espèces les seuls qui ne soient pas femelles mais des mâles incomplets; il est remarquable que tous les deux ont été récoltés dans les mêmes parages, au large des côtes S. de la Grèce. Mais on sait qu'il arrive chez certaines femelles parthénogénétiques d'engendrer des mâles, d'ailleurs rarissimes, et impropres à la reproduction.

C'est qu'en effet, étant donné que ces captures proviennent de tous les Océans; qu'elles ont été exécutées à toutes les périodes de l'année et à toutes les profondeurs, depuis la surface jusqu'à plusieurs milliers de mètres; que la grande majorité des exemplaires possèdent des œufs ou des embryons dans leur marsupium, on peut se demander si ces deux espèces ne se reproduisent pas normalement par voie parthénogénétique. On doit à ce propos rappeler qu'il s'agit de deux espèces naines par rapport à leurs congénères et que ce nanisme est sans doute, comme il est habituel, la conséquence d'une maturation sexuelle précoce. Il suffirait alors qu'au cours de cette maturation les œufs n'aient rejeté qu'un seul globule polaire pour que, conservant ainsi 2 N chromosomes, ils ne puissent donner naissance qu'à des femelles. On serait en présence d'un cas de parthénogenèse thélytoque pédogénétique.

L'hypothèse proposée pour expliquer ce fait singulier, et jusqu'à présent unique chez les Amphipodes, est susceptible de vérification sur un matériel convenablement récolté à l'aide d'engins appropriés.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur l'autoxydation de l'aldéhyde benzoïque; interprétation rectifiée des données thermochimiques; résultats de nouveaux essais*. Note (*) de MM. **Émile Briner** et **Philippe de Chastonay**.

Dans une précédente Note (¹), il a été montré que les premières bandes d'absorption infrarouge, apparaissant lors de l'autoxydation de l'aldéhyde benzoïque, appartiennent à l'acide perbenzoïque et non pas, comme nous avions cru pouvoir l'indiquer (²), à un composé intermédiaire (moloxyde) précédant le peracide dans le processus. Ainsi, d'après cette rectification, le processus se limite aux deux réactions successives (1) et (2) :



$$C_6H_5CHO + O_2 = C_6H_5CO_3H, \quad (1)$$

$$C_6H_5CO_3H + C_6H_5CHO = 2C_6H_5CO_2H. \quad (2)$$

Ce résultat nous a conduits aussi à modifier fondamentalement, dans le sens exposé plus loin, notre interprétation (³) des données thermochimiques caractérisant l'autoxydation de l'aldéhyde benzoïque. Au sujet de ces données, il y a lieu de remarquer que leur point de départ, qui est la chaleur de la réaction (2), est à conserver. En effet, en déterminant la chaleur de cette réaction à partir d'un acide perbenzoïque pur, nous avons trouvé, comme moyenne de plusieurs mesures, la valeur 75,6 Cal., très voisine de celle, 75,7 Cal. obtenue précédemment (⁴).

La connaissance de cette chaleur est importante, car on déduit, de cette valeur et de celles des chaleurs de formation de l'aldéhyde et de l'acide benzoïques, la chaleur de formation de l'acide perbenzoïque pour laquelle on a trouvé ainsi la valeur 88,6 Cal. (⁵); à notre connaissance, la chaleur de formation de l'acide perbenzoïque n'avait pas encore été déterminée jusqu'à présent.

De ces données, nous avons déduit, pour les chaleurs d'oxydation de l'aldéhyde benzoïque en acide perbenzoïque ou en acide benzoïque, les valeurs respectives 64,6 Cal. (⁶) et 70,1 Cal. C'est à l'aide de ces valeurs et des dosages des acides perbenzoïque et benzoïque que nous avons pu calculer, pour les

---

(*) Séance du 6 septembre 1954.

(¹) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2211.

(²) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 32; E. Briner, P. de Chastonay et H. Paillard, *Helvetica Chimica Acta*, 37, 1954, p. 345.

(³) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 339.

(⁴) Cette concordance parfaite des moyennes ne doit cependant pas faire illusion; car en tenant compte des diverses causes d'erreur, la précision des mesures ne dépasse pas 3 à 4 %.

(⁵) Au lieu de 85,2 Cal., valeur indiquée dans notre précédente Note et qui comporte une erreur de calcul.

(⁶) C'est la chaleur de la réaction (1).

comparer avec les valeurs déterminées calorimétriquement, les chaleurs dégagées par l'autoxydation au fur et à mesure de son avancement.

Nous rassemblons, dans le tableau ci-dessous, quelques-uns de ces résultats, extraits les uns (chiffres sans astérisque) de nos premières séries d'essais, les autres (chiffres avec astérisque) de nouvelles séries faites sur l'aldéhyde benzoïque pur ou en solution. Pour les besoins de l'exposé, les résultats des essais sont répartis en deux groupes : I, valeurs obtenues sans adjonction de corps accélérant la fixation de l'oxygène sur l'aldéhyde; II, valeurs obtenues avec addition d'ozone à l'oxygène (les proportions de O_3 sont indiquées entre parenthèses) ou de benzoate de cobalt (abréviation : Co) au système aldéhydique liquide.

I.	Chal. mes. (Cal.)	32,4	63,9	58,1*	57,8*
	Chal. calc. (Cal.)	32,9	64,6	58,4	58,1
II.	Chal. mes. (Cal.)	66,4 (O_3 0,8 %)	66,4 (O_3 1,1 %)	63,8* (O_3 1 %)	47,1* (Co 0,5 %)
	Chal. calc. (Cal.)	102,5	105,2	102,3	58,5

Dans le groupe I, la concordance entre chaleurs mesurées et calculées est bonne, les différences étant de l'ordre des erreurs d'expérience. Ainsi, dans les conditions expérimentales de ces essais, les résultats des mesures thermochimiques confirment bien que le processus de l'autoxydation se déroule selon les deux réactions successives (1) et (2) ([7]).

Par contre, lorsque le processus est accéléré (groupe II), les chaleurs de réaction calculées sont toujours, et de beaucoup, supérieures aux valeurs mesurées. Dans nos publications, déjà signalées, nous avions, de ce fort déficit des chaleurs mesurées, tiré argument en faveur d'une formation endothermique du corps intermédiaire dont l'existence avait été déduite, mais à tort, de nos premières déterminations spectrographiques.

La cause du déficit devait donc être cherchée ailleurs. Comme nous l'a montré un examen attentif de la méthode calorimétrique utilisée ([8]) pour suivre thermochimiquement le processus d'autoxydation, cette méthode ne convient plus lorsqu'on accélère — et c'est le cas pour le groupe II d'essais — un tel processus qui comprend deux réactions successives fortement exothermiques. L'inertie thermique du dispositif calorimétrique fait alors que les accroissements de température lus sur le thermomètre sont toujours inférieurs à ceux qui, dans la méthode, mesurent exactement les chaleurs dégagées ([9]).

Ainsi, après les rectifications apportées, les résultats de l'étude thermochimique de l'autoxydation de l'aldéhyde benzoïque sont bien en accord avec ceux qui ont été obtenus à l'aide de la spectrographie d'absorption infrarouge. Nous ne voulons cependant pas nous baser sur ces résultats pour affirmer

---

([7]) Cette concordance avait déjà été signalée dans une précédente publication : E. Briner et P. de Chastonay, *Helv. Chim. Acta*, 37, 1954, p. 626.

([8]) Son principe en a été rappelé dans notre précédente Note.

([9]) Des indications plus complètes sur cette question seront données dans une publication plus étendue paraissant dans un autre recueil.

qu'aucun corps intermédiaire n'a pris naissance avant l'acide perbenzoïque dans l'autoxydation de l'aldéhyde benzoïque. Mais, si de tels corps interviennent — par exemple ceux que l'on envisage dans le mécanisme de réaction en chaîne appliqué à l'autoxydation — leur instabilité fait qu'ils échappent aux méthodes d'investigation que nous avons utilisées.

M. **Gaston Julia** rend compte des travaux du Congrès International des Mathématiciens, qui s'est tenu à Amsterdam du 2 au 9 septembre. Au Congrès International de 1950 réuni à Cambridge (Mass.), les médailles Fields avaient été attribuées à un Français et à un Norvégien. Au Congrès d'Amsterdam, un Français s'est encore vu décerner l'une des médailles Fields, l'autre revenant à un Japonais. Ces récompenses montrent la vitalité de la Science mathématique française.

A la suite du Congrès, une Journée Internationale consacrée à la commémoration du Centenaire de Henri Poincaré s'est tenue à La Haye, le 11 septembre. Sous la présidence de M. Gaston Julia, six conférenciers retracèrent les travaux de Henri Poincaré sur l'Arithmétique, les fonctions automorphes, les équations différentielles de la Physique mathématique, la Mécanique céleste, la Topologie et la Philosophie, en montrant les progrès qu'ils ont réalisés et préparés. M. l'Ambassadeur de France aux Pays-Bas a honoré de sa présence cette Journée qui s'est terminée par une réception dans les salons de l'ambassade.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Gabriel Bertrand** et **Gaston Dupouy** sont désignés pour représenter l'Académie aux Cérémonies qui auront lieu à Toulouse, les 4 et 5 novembre 1954, pour commémorer le Centième anniversaire de la naissance de Paul Sabatier.

CORRESPONDANCE.

M. **André Leauté** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des applications de la science à l'industrie, par le décès de M. *René Barthélemy*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Comité parlementaire pour les sciences et les techniques. *Bulletin* n° 1, juillet 1954.

2° *Éphémérides nautiques ou extrait de la Connaissance des Temps pour l'an* 1955, Ouvrage publié par le Bureau des Longitudes spécialement à l'usage des marins.

3° *Le Portugal hydrominéral*, par Luiz de Menezes Correa Acciaiuoli. Vol. II.

4° Nguyên-Tu-Siêu. *Hoàng-Dé Nôi kinh tô-vân*. Toàn tâp.

5° *Problème de Reumatologie*, par D. Danielopolu, Vol. I (en langue roumaine).

6° Gr. C. Moisil. *Introducere in algebrà i inele şi ideale*. Vol. I.

7° N. Hortolomei, I. Juvara si G. Litarczek. *Tratamentul chirurgical al hipertireozelor*.

8° Vera Bontea. *Ciuperci parazite şi saprofite din Republica popularà românà*.

9° Vasile D. Mârza. *Embriotrofia*. Partea I-A.

10° St. S. Nicolau. *Hepatitele inframicrobiene*.

ANALYSE. — *Produit tensoriel et produit de composition des courants.* Note de M. **François Norguet**, présentée par M. Paul Montel.

On étend aux courants des notions connues pour les distributions : produit tensoriel et produit de composition. On donne quelques applications aux fonctions analytiques de plusieurs variables complexes.

1. Le produit topologique $M \times N$ de deux variétés orientées de classe C^∞, de dimensions respectives m et n, est muni d'une structure C^∞ et orienté de telle sorte que, si α et β sont des formes différentielles extérieures sur M et N, de degrés respectifs m et n,

$$\int_{M \times N} \alpha \wedge \beta = \int_M \alpha \times \int_N \beta.$$

x et y désignent respectivement des points courants de M et de N, de coordonnées locales $(x_i)_{1 \leqq i \leqq m}$ et $(y_i)_{1 \leqq i \leqq n}$; z un point courant de $M \times N$, de coordonnées locales $z_i = x_i$ pour $1 \leqq i \leqq m$, $z_i = y_{i-m}$ pour $m+1 \leqq i \leqq m+n$.

Soient

$$S = [(m-p)!]^{-1} S_{i_1 \ldots i_{m-p}} dx^{i_1} \ldots dx^{i_{m-p}}, \qquad T = [(n-q)!]^{-1} T_{j_1 \ldots j_{n-q}} dy^{j_1} \ldots dy^{j_{n-q}}$$

des courants (¹), de dimensions respectives p et q, sur M et N. Si

$$\varphi(z) = [(p+q)!]^{-1} \varphi_{i_1 \ldots i_{p+q}}(z)\, dz^{i_1} \ldots dz^{i_{p+q}}$$

est une forme différentielle extérieure de classe C^∞ à support compact sur $M \times N$,

(¹) G. de Rham et K. Kodaira, *Harmonic Integrals. Lectures at the Institute for Advanced Studies*, Princeton, 1950.

on pose

$$\langle S, \varphi(z) \rangle = (q\,!)^{-1} \langle S, (p\,!)^{-1} \varphi_{i_1 \dots i_p j_1 \dots j_q}(x, y)\, dx^{i_1} \dots dx^{i_p} \rangle\, dy^{j_1} \dots dy^{j_q},$$
$$\langle T, \varphi(z) \rangle = (p\,!)^{-1} \langle T, (q\,!)^{-1} \varphi_{i_1 \dots i_p j_1 \dots j_q}(x, y)\, dy^{j_1} \dots dy^{j_q} \rangle\, dx^{i_1} \dots dx^{i_p}.$$

Le *produit tensoriel* $S \otimes T$, défini comme courant de dimension $p+q$ sur $M \times N$ par les relations équivalentes

$$(-1)^{p(n-q)} \langle S \otimes T, \varphi(z) \rangle = \langle S, \langle T, \varphi(z) \rangle\rangle = \langle T, \langle S, \varphi(z) \rangle\rangle,$$

vérifie

$$S \otimes T = [(m-p)\,!\,(n-q)\,!]^{-1} (S_{i_1 \dots i_{m-p}} \otimes T_{j_1 \dots j_{n-q}})\, dx^{i_1} \dots dx^{i_{m-p}}\, dy^{j_1} \dots dy^{j_{n-q}}.$$

Le produit tensoriel de deux formes différentielles est égal à leur produit extérieur.

2. Dans la suite, on considère des courants sur l'espace euclidien R^m à m dimensions réelles. A toute forme $\varphi(x) = (p\,!)^{-1} \varphi_{i_1 \dots i_p}(x)\, dx^{i_1} \dots dx^{i_p}$ on fait correspondre les formes suivantes sur l'espace R^{2m} du point (u, v) $(u \in R^m, v \in R^m)$.

$$\varphi_u(u+v) = (p\,!)^{-1} \varphi_{i_1 \dots i_p}(u+v)\, du^{i_1} \dots du^{i_p}, \qquad \varphi_v(u+v) = (p\,!)^{-1} \varphi_{i_1 \dots i_p}(u+v)\, dv^{i_1} \dots dv^{i_p};$$
$$\overset{s}{\alpha}(u, v) = (-1)^s (m\,!)^{-1} \Gamma^{1 \dots m}_{j_1 \dots j_m}\, du^{j_1} \dots du^{j_s}\, dv^{j_{s+1}} \dots dv^{j_m} \qquad (1 \leqq s \leqq m) \quad (^2);$$
$$\overset{r,s}{\varphi}(u, v) = \varphi_u(u+v)\, \overset{s}{\alpha} \wedge (u, v).$$

Elles vérifient :

$$\overset{r}{\alpha}(w, t) \wedge \overset{s}{\alpha}(w, v) = \overset{r+s}{\alpha}(w, t) \wedge \overset{s}{\alpha}(t, v),$$
$$\overset{s,r}{\varphi}(v, u) = (-1)^m \overset{r,s}{\varphi}(u, v), \qquad d_u \overset{r,s}{\varphi}(u, v) = (-1)^m d_v \overset{s+1,r-1}{\varphi}(v, u).$$

3. Soient $S = (p\,!)^{-1} S_{i_1 \dots i_p}\, dx^{i_1} \dots dx^{i_p}$ et $T = (q\,!)^{-1} T_{j_1 \dots j_q}\, dx^{j_1} \dots dx^{j_q}$ deux courants sur R^m, de degrés respectifs p et q, dont l'un au moins est à support compact. Le *produit de composition* $S \star T$ est le courant de degré $p+q$, défini sur R^m par $S \star T = 0$ si $p+q > m$, et par

$$\langle S \star T, \varphi(x) \rangle = \langle S(u) \otimes T(v), \overset{p,q}{\varphi}(u, v) \rangle \qquad \text{si} \quad p+q \leqq m.$$

Il possède les propriétés suivantes :

$$S \star T = (-1)^{pq}\, T \star S; \qquad (S \star T) \star U = S \star (T \star U);$$

$\delta \star T = T$, δ étant le courant défini par $\langle \delta, f(x)\, dx^1 \dots dx^m \rangle = f(0)$;

$$dS \star T = (-1)^p S \star dT, \qquad \text{d'où} \qquad d\delta \star S = dS;$$
$$S \star T = (p\,!\,q\,!)^{-1} (S_{i_1 \dots i_p} \star T_{j_1 \dots j_q})\, dx^{i_1} \dots dx^{i_p}\, dx^{j_1} \dots dx^{j_q}.$$

Si S est égal à une forme différentielle $\omega(x)$, de classe C^∞ :

$$S \star T = (-1)^q \langle T(v), \qquad \omega_t(t-v) \wedge \overset{q}{\alpha}(t, v) \rangle.$$

---

(2) $\Gamma^{1 \dots m}_{j_1 \dots j_m}$ est le symbole de Kronecker désigné habituellement par $\delta^{1 \dots m}_{j_1 \dots j_m}$.

Cette formule se simplifie si T est une forme différentielle, ou une chaîne, surtout dans le cas où $p+q=m$.

4. En utilisant la définition de l'adjoint *T d'un courant relativement à la métrique $ds^2=\Sigma_{1\leq i\leq m}(dx^i)^2$, on définit le *produit de composition adjoint* $S\hat{\star}T$ de deux courants S et T de dimensions respectives p et q, dont l'un au moins est à support compact, par la relation $S\hat{\star}T={}^*({}^*S\star{}^*T)$. La codifférentielle ∂ étant définie par $\partial S=(-1)^{mp+m+1}\,{}^*d^*S$, on a :

$$S\hat{\star}T=(-1)^{pq}T\hat{\star}S;\qquad {}^*\partial\hat{\star}S=(-1)^{p(m+1)}S;$$
$$\partial S\hat{\star}T=(-1)^{q}S\hat{\star}\partial T;\qquad d^*\partial\hat{\star}S=(-1)^{mp+m+1}\partial S.$$

Si $p+q=m$, $S\hat{\star}T={}^*(S\star T)$, soit $S\star T=(S\hat{\star}T)\,dx^1\ldots dx^m$.

5. *Applications*. — Dans cet alinéa, $m=2n$, $\zeta_j=x_{2j-1}+ix_{2j}$, $1\leq j\leq n$; $g_n(x)=-(n-2)!\,(4\pi^n r^{2n-2})^{-1}$, si $n>1$; $g_1(x)=+(2\pi)^{-1}\log r$, où $r^2=\Sigma_{1\leq j\leq n}\zeta_j\bar{\zeta}_j$; d_j est la différentielle par rapport aux seules variables ζ_j, $\bar{\zeta}_j$; d' est la différentielle par rapport à l'ensemble des variable complexes ζ_j;

$$\beta_p=\left(\frac{i}{2}\right)^p\Sigma_{i_1<i_2<\ldots<i_p}d\zeta^{i_1}\,d\bar{\zeta}^{i_1}\ldots d\zeta^{i_p}\,d\bar{\zeta}^{i_p}\qquad(1\leq p\leq n).$$

THÉORÈME 1. — *Si* T *est un courant de degré zéro* (*distribution*) *à support compact et f une fonction holomorphe au voisinage du support de* T (*resp.* dT), $2i\,d'(g_n\beta_{n-1})\hat{\star}f\,dT=fT$ (*resp.* $d'(g_n\beta_{n-1})\hat{\star}f\,dT$ *est égal, hors du support de* dT, *à une fonction holomorphe*) ([3]).

THÉORÈME 2. — *Pour tout courant* T *de degré n à support compact, tel que* $(\zeta_1\ldots\zeta_n)^{-1}\,d\zeta_1\ldots d\zeta_n\star T$ *soit à support compact, et pour toute fonction f, définie et holomorphe au voisinage des supports de* T *et de* $(\zeta_1\ldots\zeta_n)^{-1}\,d\zeta_1\ldots d\zeta_n\star T$, *on a* $(\zeta_1\ldots\zeta_n)^{-1}\,d\zeta_1\ldots d\zeta_n\star fT=f\times((\zeta_1\ldots\zeta_n)^{-1}\,d\zeta_1\ldots d\zeta_n\star T)$.

COROLLAIRE. — *Pour tout courant* T *de degré zéro, à support compact, et toute fonction f définie et holomorphe au voisinage du support de* T,

$$(-1)^{\frac{n(n+1)}{2}}(\zeta_1\ldots\zeta_n)^{-1}\,d\zeta_1\ldots d\zeta_n\hat{\star}f\,d_1\ldots d_nT=(+2i\pi)^n fT\quad(^4).$$

Si l'on étend aux courants la notion de transformation de Fourier, les relations entre cette transformation, le produit extérieur et le produit de composition, connues pour les distributions, subsistent.

([3]) Ceci généralise un résultat exposé par E. MARTINELLI dans *Commentarii Helvetici*, 15, 1942-43, p. 342.

([4]) Ceci généralise l'intégrale de Cauchy.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Vérification expérimentale de la théorie de Migdal. Cas du polonium* (^{210}Po). Note (*) de M. **Alphonse Lagasse** et Mlle **Jacqueline Doyen**, transmise par M. Émile Henriot.

Les radiations électromagnétiques et les rayons électroniques issus du polonium ^{210}Po sont émis suivant un processus décrit par Migdal ([8]).

En 1947, Siegbahn et Slatis ([1]) mirent en évidence l'émission d'un rayonnement γ de 770 keV, accompagnant la désintégration α du ^{210}Po. Selon Zajac, Broda et Feather ([2]) l'intensité de ce rayonnement serait de $(1{,}0 \pm 0{,}4).10^{-5}$ quanta par rayon α émis. D'autres radiations électroniques et électromagnétiques ont également été mises en évidence et attribuées soit à la conversion interne de la raie de 770 keV ([2]), ([3]), ([4]), ([5]), soit au processus de Migdal ([6]), ([7]), ([8]), ([9]). R. R. Roy et M. L. Goes ([10]), ([11]) ont étudié à l'aide d'une chambre à diffusion continue, la distribution énergétique des électrons émis par le polonium. On observe $2{,}7.10^{-3}$ électron par désintégration α. Les résultats sont en faveur de l'interprétation des phénomènes par la théorie de Migdal. Les auteurs calculent la probabilité d'ionisation des couches K. L. M. du plomb d'après la théorie de Migdal et suggèrent une nouvelle méthode d'investigation basée sur l'enregistrement des coïncidences entre les électrons et les rayons X émis par une couche particulière.

Nous avons utilisé cette méthode. La source de polonium est installée entre deux compteurs du type cloche. Des écrans absorbants permettent l'enregistrement des coïncidences entre les rayons X issus des couches K et L et les électrons d'une part et les rayons X issus de la couche K et les électrons d'autre part. Des écrans d'aluminium permettent de sélectionner les électrons ayant une énergie initiale supérieure à des valeurs déterminées.

Sur les graphiques I et II, nous avons porté le nombre de coïncidences enregistré par minute pour les couches K et L simultanément et pour la couche K

(*) Séance du 30 août 1954.

([1]) *Ark. Math. Astr. Fys.*, 34 A, 1946, p. 15.

([2]) *Proc. Phys. Soc.*, 60, 1948, p. 501.

([3]) Grace, Allen, West et Halban, *Proc. Phys. Soc.*, 64 A, 1951, p. 493.

([4]) Alburger et Friedlander, *Phys. Rev.*, 81, 1951, p. 523.

([5]) Riou, *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 244.

([6]) Barber et Helm, *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 275.

([7]) Pringle, Taylor et Standhil, *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 384.

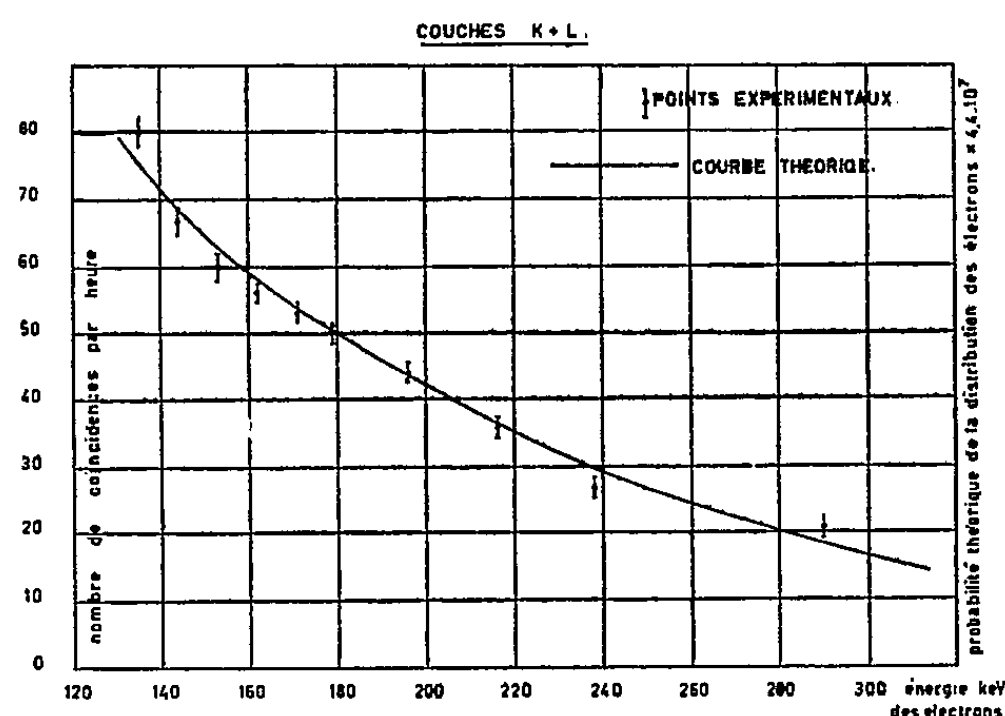
([8]) Migdal, *J. Exp. Theor. Phys.* (U. R. S. S.), 11, 1941, p. 207.

([9]) Robinson et Bernstein, *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 545.

([10]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1515.

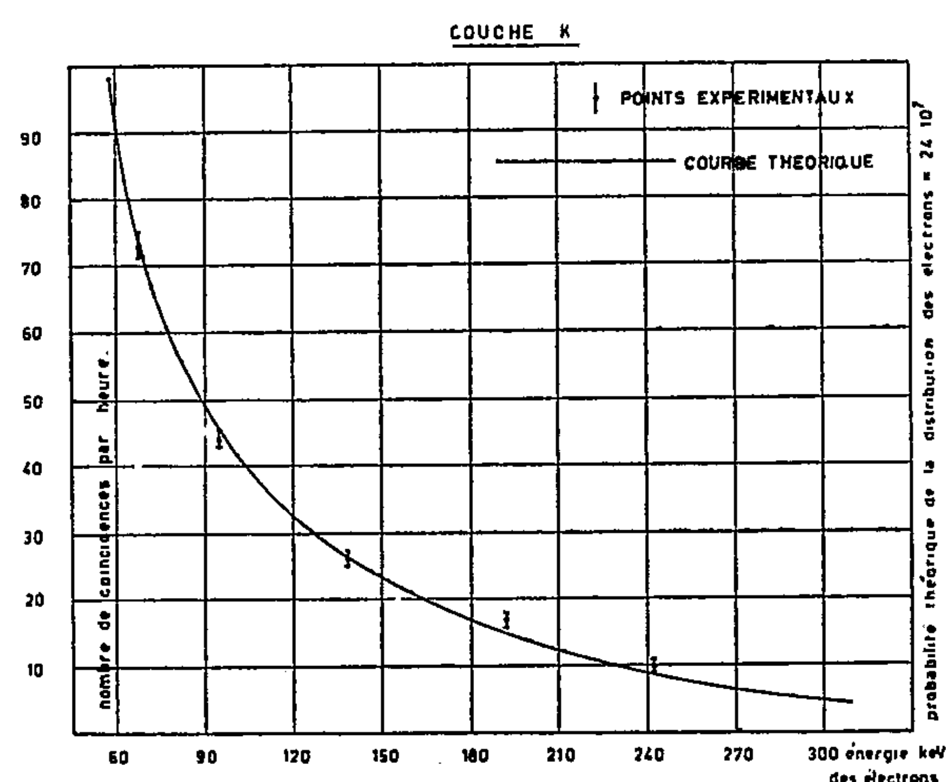
([11]) *Bull. Class. Sc. Acad. Roy. Belg.*, 6e série, 60, 1954, p. 143.

seule, en fonction des énergies initiales minima des électrons. Les courbes en trait continu sont calculées à partir des données théoriques de R. R. Roy et M. L. Goes ([11]).



GRAPHIQUE I

De la bonne concordance entre la distribution des points expérimentaux et les courbes théoriques, nous pouvons conclure que les radiations électroniques et électromagnétiques qui accompagnent la désintégration α du polonium sont expliquées par la théorie de Migdal et ne sont pas dues à un effet éventuel de conversion interne des radiations électromagnétiques de 770 keV.



GRAPHIQUE II

Cette conclusion s'ajoute au fait déjà observé que le nombre d'électrons par désintégration α, soit $2,7.10^{-3}$ ([10]), est plus grand que le nombre des rayons γ de 770 keV, qui est de $1,0.10^{-5}$ ([2]).

La distribution énergétique continue que nous observons pour les électrons est elle aussi en défaveur de l'explication des phénomènes par la conversion interne.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mesure des chaleurs spécifiques de corps mauvais conducteurs de la chaleur, au moyen du microcalorimètre différentiel de E. Calvet.* Note de MM. **Jacques Broutt** et **Édouard Calvet**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. *Capacité calorifique et déséquilibre thermique.* — Soit une cellule dans laquelle on produit une puissance calorifique constante W (par exemple par effet Joule). Au bout d'un certain temps on a un état thermique stationnaire qui se traduit par une différence de température uniforme θ entre les soudures recouvrant la cellule et celles qui sont au contact de l'enceinte externe. On a :

$$W = p\theta. \tag{1}$$

Mais, l'existence de substances de mauvaise conductibilité thermique interposées entre la source de chaleur et les parois de la cellule entraîne des différences de température très notables à l'intérieur de la cellule. Nous appelons « *déséquilibre thermique* » cet état thermique hétérogène stationnaire. On le mesure en compensant exactement par un effet Peltier convenable la puissance calorifique W. A l'équilibre on enregistre un palier confondu avec le zéro expérimental. On coupe ensuite brusquement et simultanément les effets antagonistes Peltier et Joule. On enregistre alors un dégagement de chaleur qui provient de ce que la quantité de chaleur emmagasinée dans la cellule, du fait du déséquilibre thermique, est lentement restituée.

L'aire de la courbe enregistrée mesure, à une constante près, la chaleur de déséquilibre thermique q. On obtient la même courbe, mais inversée, lorsqu'on remet simultanément en jeu les deux effets compensateurs Joule et Peltier. La chaleur de déséquilibre thermique q est proportionnelle à W :

$$q = DW. \tag{2}$$

D est le *coefficient de déséquilibre thermique*.

Supposons qu'on augmente la puissance calorifique W de dW. La différence de température entre les soudures de la pile thermoélectrique augmente de $d\theta$. De (1) et (2) on déduit :

$$dq = D.dW = Dp.d\theta.$$

Appelons μ_0 la *capacité calorifique réelle* de la cellule et de son contenu. La quantité de chaleur emmagasinée dans la cellule augmente de :

$$\mu_0\, d\theta + dq = (\mu_0 + Dp)\, d\theta.$$

Tout se passe comme si la capacité calorifique avait augmenté de Dp.

L'équation calorimétrique de A. Tian [*voir* notre précédente Note ([1])] reste valable à condition d'y remplacer la capacité calorifique réelle par une *capacité calorifique apparente :*

(3) $$\mu = \mu_0 + Dp.$$

2. *La mesure des chaleurs spécifiques vraies. Cas général.* — En tenant compte du déséquilibre thermique nous allons étendre aux corps mauvais conducteurs de la chaleur la méthode décrite dans notre précédente Note ([1]) relative aux chaleurs spécifiques vraies des corps bons conducteurs.

Nous rappelons qu'elle est basée sur l'emploi de deux cellules microcalorimétriques identiques montées en « différentiel », contenant chacune de l'eau et une résistance électrique de chauffage produisant la même puissance calorifique W dans les deux cellules. Dans ces conditions, la courbe enregistrée obtenue se confond avec le « zéro expérimental » quel que soit W.

On remplace ensuite dans l'une des deux cellules m grammes d'eau par m grammes du corps à étudier dont la chaleur spécifique inconnue est c. Lorsqu'on produit la puissance calorifique W la différence de température θ entre les soudures de la pile thermoélectrique détectrice, à l'équilibre, reste la même après la substitution de l'eau par le corps puisque cette température ne dépend que de W et pas du contenu de la cellule; mais lorsqu'on coupe le courant produisant la puissance calorifique W (ou lorsqu'on ferme le circuit) on enregistre une courbe dont l'aire A, évaluée en calories, mesure le produit de θ par la différence $\mu - \mu'$ des capacités calorifiques *apparentes* des deux cellulles montées en différentiel. D'après (3) on a :

(4) $$A = \theta(\mu - \mu') = \theta[\mu_0 - \mu'_0 + (D - D')p] = \theta[m(1 - c) + (D - D')p].$$

Pour évaluer θ on fait une deuxième expérience dans laquelle, à la place du corps à étudier on introduit une masse d'eau qui diffère de celle qui est contenue dans l'autre cellule de m' grammes. Lorsqu'on produit (ou supprime) la puissance calorifique W on enregistre l'aire A'

(5) $$A' = \theta[m' + (D - D'')p].$$

Cas particulier de corps bons conducteurs de la chaleur. — On trouve que les termes où entrent D — D' et D — D'' sont très faibles et peuvent être négligés. C'est ce que nous avons fait dans notre précédente Note ([1]). Dans ces cas (4) et (5) deviennent

$$A = \theta[m(1 - c)] \qquad \text{et} \qquad A' = \theta m'$$

d'où l'on tire θ et c.

Cas de corps mauvais conducteurs de la chaleur. — La quantité D — D' n'est alors plus négligeable (D — D'' l'est en général).

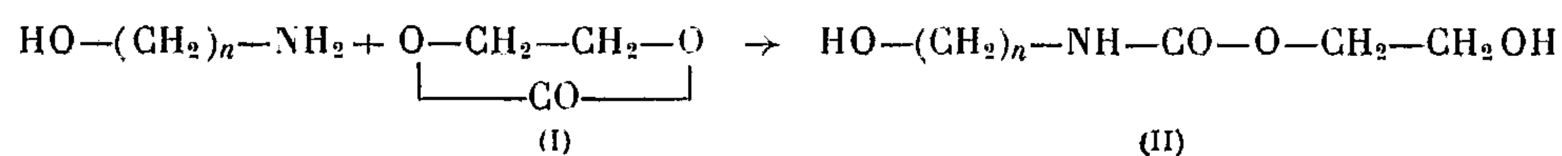
([1]) J. Brouty et E. Calvet, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1879.

Il faut alors mesurer séparément $DW = Dp\theta$ et $D'W = D'p\theta$ comme nous l'avons indiqué au paragraphe 1, pour trouver $(D - D')p\theta$. On peut d'ailleurs obtenir directement celui-ci par une méthode différentielle, en *compensant simultanément pour chaque cellule* la puissance W produite par un effet Peltier convenable et en mesurant l'aire de la courbe enregistrée obtenue après coupure simultanée (ou fermeture) des courants Peltier et Joule.

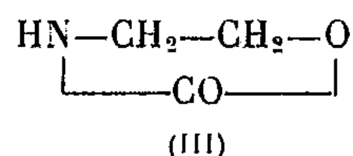
En résumé, pour mesurer des chaleurs spécifiques, il faut effectuer une « correction de déséquilibre thermique », qui est négligeable pour les corps bons conducteurs de la chaleur, mais peut être importante dans le cas des isolants thermiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les carbamates de β-hydroxyéthyle dérivés d'aminoalcools.* Note de MM. **Raymond Delaby**, **Robert Damiens** et Mme **Gérard d'Huytéza**, présentée par M. Marcel Delépine.

Poursuivant l'étude des carbamates formés par interaction d'amines primaires et du carbonate de glycol (I) ([1]), nous avons opposé à ce dernier réactif des aminoalcools dans le dessein d'aboutir ainsi aux hydroxy-alcoyl carbamates de β-hydroxyéthyle (II) :



P. Piganiol et M. Viard ([2]) ont isolé antérieurement le terme dont $n = 2$ (II). Le carbamate qu'ils ont obtenu est indistillable sans décomposition, celle-ci fournissant quantitativement le glycol et l'oxazolidone (III)



Nous avons repris l'étude de cette réaction en vue, d'une part de l'étendre aux homologues supérieurs de l'éthanolamine et, d'autre part, de tenter d'élucider le mécanisme de cette décomposition thermique.

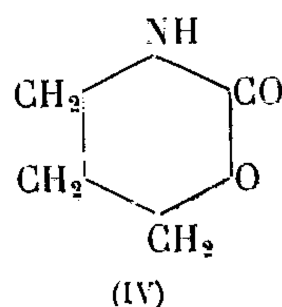
Ainsi la réaction entre amino-3 propanol-1 et carbonate de glycol est fortement exothermique; elle engendre un composé de viscosité élevée qui, distillé sous pression réduite, se décompose avec production de glycol et d'un

([1]) R. Delaby, P. Chabrier, A. Sekera et P. Piganiol, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1241; R. Delaby, P. Chabrier et H. Najer, *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 376; R. Delaby, R. Damiens et Mme G. d'Huytéza, *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 2076.

([2]) *C. R. du 23e Congrès de Chimie Industrielle*, **67**, no 2 *bis*, 1952, p. 233.

liquide également visqueux ($É_6 = 178$-$180°$), se prenant en masse par refroidissement.

Recristallisé de l'acétone, ce produit est fusible à 77°; les analyses permettent de lui attribuer la formule brute $C_4H_7O_2N$ correspondant à un dérivé (IV), non décrit à notre connaissance, l'*oxazinidinone* (tétrahydrooxazine-1-3 one-2) :



(IV)

Calculé P. M. 101; C % 47,52; H % 6,98; N % 13,86.

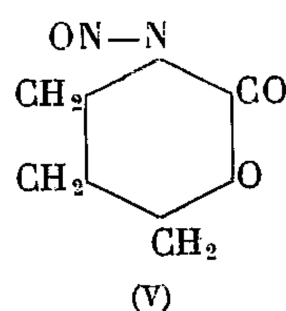
Trouvé P. M. 100-103; C % 47,55; H % 6,98; N % 13,72.

Cette structure (IV) est confirmée par les résultats suivants :

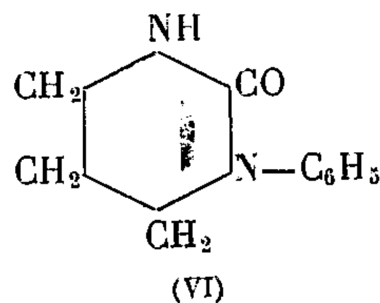
a. Le spectre infrarouge présente les bandes caractéristiques correspondant à NH (3220 cm^{-1}) et à CO (1660 cm^{-1}).

b. Traité par l'acide nitreux, le composé (IV) conduit au produit nitrosé (V) (F 54°).

c. De même que pour l'oxazolidone (III), le chauffage avec l'aniline selon Gabriel ([3]) donne un dérivé (VI) : cette phényl-1 oxo-2 hexahydropyrimidine est analogue au produit décrit par A. Goldenring ([4]) (F 213-215°).



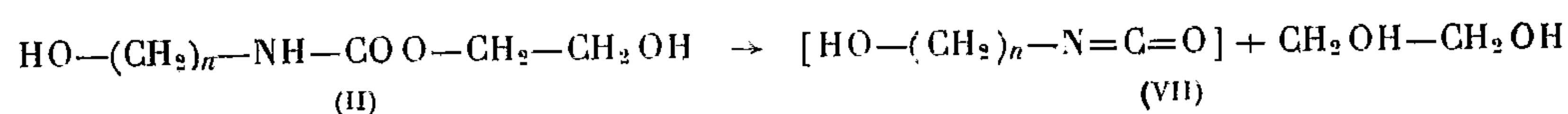
(V)



(VI)

d. Le traitement de l'oxazinidinone (IV) par l'hydroxyde de sodium à chaud provoque, comme dans le cas également de l'oxazolidone (III), l'ouverture du cycle avec formation d'amino-alcool.

Ces faits nous ont conduit à supposer, lors de la décomposition thermique des carbamates (II) la formation transitoire d'un isocyanate (VII) :



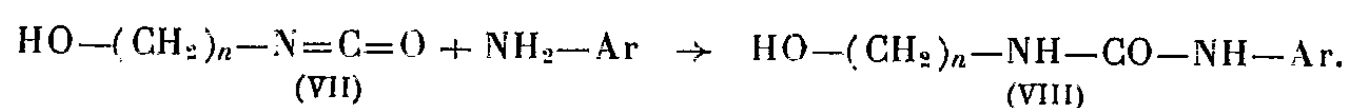
$$\underset{\text{(II)}}{HO{-}(CH_2)_n{-}NH{-}COO{-}CH_2{-}CH_2OH} \rightarrow \underset{\text{(VII)}}{[HO{-}(CH_2)_n{-}N{=}C{=}O]} + CH_2OH{-}CH_2OH$$

L'isocyanate d'hydroxyalcoyle se réarrangerait en un dérivé cyclique (III) ou (IV) selon la valeur de *n*.

([3]) S. GABRIEL et G. ESCHENBACH, *Ber.*, 30, 1897, p. 2494.

([4]) A. GOLDENRING, *Ber.*, 23, 1890, p. 1173.

Dans le but de confirmer cette hypothèse, nous avons tenté d'effectuer la distillation du produit de la réaction entre aminoalcool et carbonate de glycol, en présence d'une amine primaire à point d'ébullition élevé, la β-naphtylamine. Nous espérions obtenir ainsi des urées (VIII) :

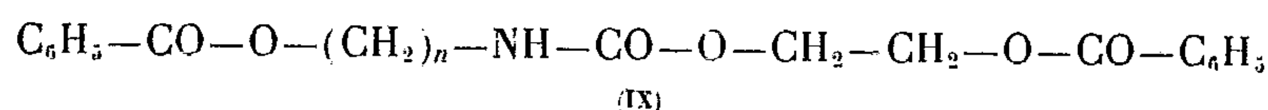


$$HO-(CH_2)_n-N=C=O + NH_2-Ar \rightarrow HO-(CH_2)_n-NH-CO-NH-Ar.$$
$$\text{(VII)} \qquad\qquad \text{(VIII)}$$

En fait, les expériences n'ont pas été aussi démonstratives que nous les avions souhaitées. Les urées attendues (VIII) n'ont pu être isolées; corrélativement, il ne s'est pas formé de glycol éthylénique au cours de la distillation sous pression réduite. Celle-ci a donné seulement deux produits :

— la β-naphtylamine inchangée;

— le carbamate (II) (pour $n = 2$ ou 3) qui, dans ces conditions, passe à point fixe sans décomposition ; ces carbamates furent en effet caractérisés à l'état de dibenzoates (IX) :



$$C_6H_5-CO-O-(CH_2)_n-NH-CO-O-CH_2-CH_2-O-CO-C_6H_5$$
$$\text{(IX)}$$

	$n = 2.$	$n = 3.$
Carbamates (II)	$\acute{E}_3$ 194°	$\acute{E}_4$ 179°
Dibenzoates (IX)	F 85°	F 66°

ANTHROPOLOGIE. — *Rotation occipitale positive et négative*. Note (*) de MM. **Antoine Delattre** et **Raphaël Fenart**, transmise par M. Robert Courrier.

Au cours de la phylogénèse et de l'ontogénèse humaines, l'arrière crâne tourne autour de l'axe vestibien et s'abaisse. Vu sur le côté gauche du crâne, ce mouvement se fait dans le sens des aiguilles d'une montre : la rotation est dite « positive ». Au cours de l'ontogénèse du crâne des Primates, il se fait dans un sens opposé : « rotation négative ».

Des observations nombreuses et concordantes ont depuis longtemps montré le déplacement du *foramen magnum* au cours de l'évolution du crâne (Broca, Topinard, Papillault, Zuckermann).

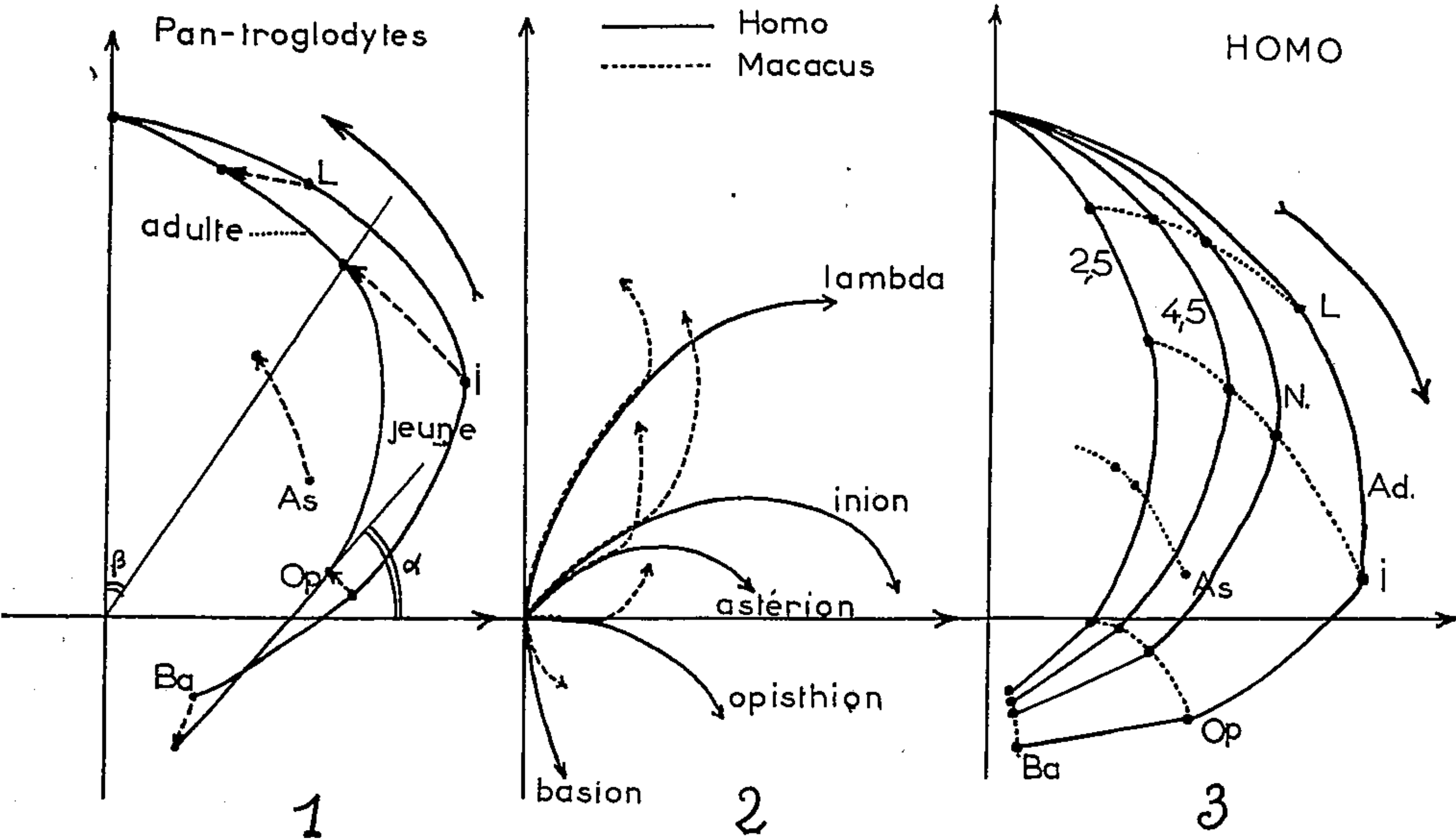
Toutes ces observations ne pouvaient toutefois être fructueuses car les auteurs ignorent le mécanisme essentiel du déplacement du *foramen* : la rotation occipitale autour de l'axe vestibien, mise en évidence par l'emploi de la méthode vestibienne. Grâce aux plans de référence vestibiens, on peut savoir le sens de la rotation et en mesurer facilement l'amplitude au moyen de deux angles.

L'angle foraminien α, entre le plan du *foramen* et le plan horizontal, donne

(*) Séance du 6 septembre 1954.

la position de l'orifice inférieur de la loge cérébelleuse. L'angle centro-iniaque ou hiatique β, donne une position très suffisante de son orifice supérieur (*fig.* 1).

Au cours de l'ontogénèse du crâne humain, les angles foraminiens diminuent, les angles hiatiques augmentent : la rotation est *positive*, comme au cours de la phylogénèse du crâne (*fig.* 3).



Au cours de l'ontogénèse du crâne des Primates, la rotation occipitale est négative (*fig.* 1). Les nombres que nous apportons, démontrent de plus que la rotation négative est en général plus importante chez les mâles que chez les femelles.

	Jeune		♀		♂	
	β.	α.	β.	α.	β.	α.
Macacus	46,8	38,9	42,1	43,5	36,7	47
Cercopithecus	48	41,4	–	–	32	52,5
Colobidés	48	41	31	51,5	21	61
Papio	47	37,2	–	–	33,8	46,5
Pongo	50	42	–	–	17,6	55,6
Pan	50,6	36,8	–	–	33,5	49,5
Gorilla	42	46	35	48	27,3	57

La connaissance de la rotation négative explique :

1° Comment à partir d'une morphologie commune, les crânes de jeunes Primates s'écartent progressivement de la forme humaine (*fig.* 2).

2° Elle peut être à l'origine de la formation de la visière par refoulement en avant de la table externe des os de la voûte.

3° Ce véritable mouvement de l'arrière-crâne est certainement indépendant de la croissance de l'encéphale. On peut même supposer qu'il repousse les lobes occipitaux des hémisphères et contribue à former le complexe calcarin. La figure 2 représente les lieux géométriques des points crâniométriques postérieurs, durant la croissance des crânes rapportés à même largeur chez le Macaque et chez l'Homme. A noter la position commune initiale, puis la divergence des courbes.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Contribution à l'étude des effets toxiques du tétraéthylétain.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons étudié maintes fois les antagonismes ou synergies que peuvent présenter les vitamines entre elles ou avec d'autres corps, spécialement les hormones naturelles ou synthétiques. Ces antagonismes et synergies physiologiques ne doivent pas faire oublier que les vitamines sont des substances chimiques susceptibles de présenter avec d'autres corps chimiques des incompatibilités. On l'a vu récemment lorsque en thérapeutique on a eu la malencontreuse idée d'associer la vitamine F et le diiododiéthylétain. La vitamine F ne répond à aucune formule précise et groupe un certain nombre d'acides gras *non saturés* (linoléique et linolénique, voire vaccénique et arachidonique), utilisés sous forme de ces acides, de leurs glycérides ou de leurs esters éthyliques. Les acides gras non saturés (estérifiés ou non) sont, du fait des liaisons éthyléniques ou acétyléniques qu'ils renferment, de gros fixateurs d'iode. Les composés iodés mis à leur contact sont, dans ces conditions, décomposés et il se produit (surtout si la vitamine F est à l'état d'ester éthylique) du tétraéthylétain. Nous rapportons ci-après quelques essais concernant l'action physiologique de ce corps et sa toxicité.

Le tétraéthylétain employé était sous forme d'une dispersion aqueuse à 1 %, renfermant 12 % de tween 80. L'injection de cette préparation dans la veine marginale de l'oreille de lapins de 1,700 kg à 1,900 kg, s'avère très toxique aux doses de 5 à 10 cg : la mort survient en 15 mn, chez l'animal en état d'asthénie et d'hébétude, après quelques manifestations larvées de parésie ou de paralysie des pattes. Aux doses plus faibles (2 à 4 cg), l'action est moins brutale : en renforcement d'un état apathique et comateux surviennent, plus ou moins rapidement, des crises épileptiformes, toniques et cloniques, s'étalant sur 1/2 h à 1 h; la survie se situe alors entre 1 et 4 h, sans que la durée de celle-ci paraisse en rapport direct avec les doses mises en œuvre. Une nette diminution de la température centrale se note dans tous les cas, tombant de 38°-39° aux environs de 36°. Les doses comprises entre 7,5 et 10 mg donnent des manifestations du même ordre, avec survie de 4 à 7 h. Mais une simple dose de 5 mg de tétraéthylétain, introduite par voie intraveineuse, n'entraîne,

chez le Lapin, que des troubles mineurs : parésie, maladresse des mouvements, perte d'équilibre fugace, disparaissant au bout de quelques heures.

Nous avons ensuite pratiqué sur 5 lapins l'injection intraveineuse d'une dose intermédiaire de 6 mg, qui ne produit que des effets généraux larvés, avec hypothermie marquée (allant au bout de 2 à 3 h jusqu'aux environs de 35°) sans jamais entraîner la mort des animaux. Des ponctions veineuses intracardiaques nous ont permis de suivre, chez ces sujets, les modifications de la réserve alcaline sanguine, déterminée par la méthode de Van Slyke :

	Réserve alcaline		
	avant l'injection.	6 à 8 h après.	24 h après.
Lapin n° 1	31,6	32,8	44,3
» » 2	23,3	29,0	28,1
» » 3	30,9	34,7	32,8
» » 4	28,4	32,9	36,6
» » 5	32,8	34,3	33,0
Moyennes	29,4	33,9	34,5

L'augmentation durable de la réserve alcaline qui apparaît ici est en faveur d'un état d'alcalose qui explique au moins pour une part les manifestations nerveuses (l'alcalose étant également en cause dans celles de la tétanie).

La toxicité du tétraéthylétain par voie intramusculaire, également recherchée chez le Lapin, nous a paru assez forte. Alors que, pour la nicotine, comparant les effets des doses minimum toxiques par voies intraveineuse et intramusculaire, nous trouvions entre elles un rapport de 1 à 5 (1), ce rapport est, pour le tétraéthylétain, de 1 à 1,5 (2). Des injections intramusculaires de 2, 3, 4 et 5 cg de ce corps provoquent un état général déficient qui aboutit, en 2 à 4 h, au coma avec troubles respiratoires, raidissement de la tête, agitation tonique et clonique des pattes antérieures et postérieures, qui (en 1 h environ) entraîne la mort. Quoique moins rapidement (dans les 12 h), des doses de 1,5 et de 1 cg entraînent également la mort dans des conditions analogues (pas les doses inférieures).

Les réactions épileptiformes observées peuvent être rapprochées des manifestations méningées notées chez certains sujets recevant l'association diiododiéthylétain et vitamine F, qui furent par d'aucuns rapportées à l'encéphalite ou à une forme brutale de polyomyélite. Deux examens de liquide céphalo-rachidien, effectués chez l'Homme après quelques jours de traitement, montrent la rapide évolution de l'atteinte méningée :

(1) R. Lecoq, *Gaz. des Hôpitaux*, 125, 1953, p. 149.

(2) Si l'on compare la voie intraveineuse et la voie buccale, le rapport est de 1 à 2.

	1er examen.	24 h plus tard.
Polynucléaires (mm³)	3	141
Albumine (o/oo)	0,22	0,51
Chlorures (o/oo)	7,60	7,31
Glucose (o/oo)	0,60	1,18

Conclusions. — La toxicité du tétraéthylétain a été étudiée sur le Lapin, tant par voie intraveineuse que par voie intramusculaire. Pour ces deux voies, les doses minimum toxiques nous ont paru assez proches (respectivement de 7,5 mg et de 10 mg), alors que pour la nicotine, les doses toxiques sont dans le rapport de 1 à 5. Cette intoxication évolue sur terrain alcalosique et comporte, chez l'animal, des manifestations nerveuses de type épileptiforme et une hypothermie marquée.

L'association thérapeutique de diiododiéthylétain et de vitamine F (susceptible de produire ce corps) peut provoquer, chez l'Homme, des réactions méningées, se traduisant par une polynucléose nette et une augmentation rapide des taux d'albumine et de glucose.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur la toxicité immédiate de la carvomenthone, de la carvone, de la pipéritone et de la pipériténone.* Note (*) de MM. **Fernand Caujolle** et **Georges Roux**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Suivant la méthode de Tiffeneau, par perfusion intraveineuse lente, nous avons étudié la toxicité immédiate de quelques cétones de type *p*. méthyl isopropyl cyclohexanique. La technique adoptée a été décrite au cours d'un travail antérieur [1]. Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus à l'égard du Chien chloralosé, le critère de la mort étant l'arrêt des battements cardiaques observé par enregistrement graphique (la cyclohexanone n'est indiquée qu'à titre de référence).

Cétones.	Nombre d'animaux utilisés.	Dose léthale absolue (en g/kg).	Poids moléculaires des cétones considérées.	Nombre de millimolécules déterminant la mort.	Toxicités moléculaires relatives.
Carvomenthone	5	0,42	154	2,72	2,33
Carvone	8	0,34	150	2,27	2,92
Pipéritone	7	0,40	152	2,63	2,44
Pipériténone	6	0,24	150	1,60	4,00
Cyclohexanone	9	0.63	98	6,43	1,00

(*) Séance du 6 septembre 1954.

(1) F. Caujolle, P. Couturier, G. Roux et Y. Gasc, *Comptes rendus*, 236, 1933, p. 633.

L'injection des cétones considérées détermine un ralentissement cardiaque avec chute progressive de la tension sanguine. Le rythme respiratoire est accéléré; sauf dans le cas de la carvone, cette accélération respiratoire est prompte à s'établir et va s'amplifiant jusqu'à déterminer une polypnée. Le réflexe oculo-cardiaque est diminué ou aboli dès les premières phases de l'intoxication.

Ces signes généraux s'apparentent étroitement à ceux déjà indiqués, dans les mêmes conditions expérimentales avec la cyclohexanone, les méthylcyclohexanones, la menthone, la pulégone et l'isopulégone. Fait remarquable, la carvomenthone, comme la menthone, est convulsivante, alors que toutes les autres cétones étudiées ne provoquent chez le chien chloralosé ni spasme, ni contractions.

L'ensemble des résultats acquis permet de dégager la généralité des deux données ci-après :

1° la para-isopropylation de la méthyl$_2$ cyclohexanone$_1$, tout comme celle de la méthyl$_3$ cyclohexanone$_1$, atténue leur toxicité immédiate;

2° l'introduction d'une (pipéritone) ou de deux doubles liaisons (carvone, pipériténone) accroît la toxicité de la carvomenthone et de la menthone dans des proportions notables : le renforcement de la toxicité est indépendant de la position des doubles liaisons par rapport à la fonction cétone, en particulier il se manifeste aussi nettement que la double liaison soit introduite dans le noyau cyclohexanique et dans le radical isopropyl.

CANCÉROLOGIE. — *Tumeurs malignes provoquées par le virus fibromateux de Shope chez le Lapin nouveau-né et l'adulte traité à la cortisone.* Note (*) de M. **Jacques Harel** et Mme **Thérèse Constantin**, transmise par M. Robert Courrier.

Le fibrome infectieux de Shope (1) constitue une affection intermédiaire entre les néoplasmes et les processus inflammatoires (1), (2). Le but de nos recherches a été de préciser la nature des lésions chez le nouveau-né et d'obtenir une tumeur maligne chez l'adulte sans l'intervention d'un cancérigène.

Par injection du virus de Shope aux lapereaux nouveau-nés Duran-Reynals (3), (4) a obtenu des tumeurs envahissantes mortelles ou une maladie hémorragique généralisée. Chez l'adulte Ahlstrom et Andrewes (5)

(*) Séance du 2 août 1954.

(1) R. E. Shope, *J. Exp. Med.*, 56, 1932, p. 793.

(2) C. H. Andrewes et R. E. Shope, *J. Exp. Med.*, 63, 1936, p. 173.

(3) F. Duran-Reynals, *Yale, J. Biol. Med.*, 13, 1940, p. 99.

(4) F. Duran-Reynals, *Cancer Research*, 5, 1945, p. 25.

(5) C. G. Ahlstrom et C. H. Andrewes, *J. Path, a. Bact.*, 47, 1938, p. 65.

ont provoqué des tumeurs d'une certaine malignité dont un sarcome vrai en combinant l'action du virus avec celle du goudron ou d'un carbure cancérigène.

Nous avons utilisé une souche de virus OA. La tumeur a été transmise dans 12 passages successifs à 38 lapins adultes et à 36 nouveau-nés.

Chez les adultes non traités la plus grosse tumeur a atteint un volume de $5 \times 3 \times 2$ cm le 15e jour, et le délai maximum de régression n'a pas excédé le 25e jour.

Chez le nouveau-né nous avons globalement confirmé les résultats de Duran-Reynals, mais sans observer de maladies hémorragiques. L'évolution des tumeurs a toujours été cliniquement maligne, tous les animaux injectés sont morts dans un délai de 6 à 10 jours. Les lésions les plus envahissantes ont été obtenues par injection intrapéritonéale. Elles étaient généralement accompagnées d'un exsudat péritonéal dans lequel le virus a pu être mis en évidence. Histologiquement ces tumeurs avaient le caractère de fibromes très cellulaires et localement envahissants. Dans toutes ces tumeurs les cellules se sont montrées plus riches en corps d'inclusion que les tumeurs de l'adulte et contrairement à l'opinion soutenue récemment par Fisher ([6]), l'étude au microscope électronique ([7]) a montré qu'un type au moins de ces corps est lié à la présence de virus.

Dans le but de reproduire chez le Lapin adulte les lésions analogues aux tumeurs provoquées chez le nouveau-né nous avons traité à la cortisone 7 lapins de 4 mois à 1 an.

Dans une première série 4 lapins ont reçu une injection sous-cutanée de virus et trois injections quotidiennes successives de 100 mg de cortisone par voie intramusculaire. Chez tous ces animaux les tumeurs ont présenté une tendance envahissante beaucoup plus marquée que celle des témoins. Un lapin sacrifié à l'agonie le 22e jour était atteint d'une tumeur considérable intéressant toute la paroi lombo-sacrée et débordant largement sur la paroi thoraco-abdominale. Histologiquement cette tumeur présentait le type observé chez le nouveau-né. Les passages ultérieurs du virus ont provoqué chez des lapins neufs des lésions régressives banales.

Dans une seconde série 3 lapins ont reçu une injection intratesticulaire de virus et huit injections intramusculaires de 100 mg de cortisone. Chez deux animaux les tumeurs ont atteint un volume double et triple du volume des tumeurs chez les témoins. Chez le troisième dès le 15e jour sont apparues dans les membres postérieurs des métastases d'évolution très rapide.

Sacrifié à l'agonie le 28e jour il présentait une énorme tumeur testiculaire

([6]) E. R. Fisher, *J. Nat. Cancer Inst.*, 14, 1953, p. 355.
([7]) W. Bernhard, J. Harel et C. Oberling, *Comptes rendus*, 239, 1954 (à paraître).

adhérente à la peau et au plan profond, envahissant la moitié du bassin et le testicule opposé. Dans un des membres la métastase atteignait le volume de la tumeur initiale. Dans la paroi abdominale plusieurs nodules disposés en ligne droite évoquaient un envahissement lymphatique.

L'examen histologique révélait une transformation sarcomateuse indéniable et confirmait l'envahissement lymphatique.

Enfin il paraît important de souligner que dans cette tumeur l'infectiosité du virus semble avoir disparu, le surnageant de la tumeur primitive et des métastases injecté à 5 nouveau-nés et à 3 adultes n'ayant provoqué aucune lésion.

En conclusion, sous l'action de la cortisone le virus du fibrome de Shope a entraîné l'apparition de tumeurs envahissantes et d'un véritable sarcome.

La séance est levée à 15 h 45 m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 14 juin 1954.)

Note présentée le même jour, de M. *King-Lai Hiong*, La normalité d'une famille de fonctions holomorphes en liaison avec le défaut d'une valeur de leurs dérivées :

Page 2280, 5e ligne, *au lieu de* . Au, *lire* , au.
» » , 14e ligne, *au lieu de* $f(0)$, *lire* $f'(0)$.

(*Comptes rendus* des 28 juin et 5 juillet 1954.)

Note présentée le 21 juin 1954, de Mlle *Marie-Louise Josien* et M. *Gabriel Sourisseau*, Contribution à l'étude de quelques complexes de l'acide chlorhydrique par spectroscopie infrarouge,

et Note présentée le 28 juin 1954, de Mlle *Marie-Louise Josien* et M. *Jean Lascombe*, La fréquence du groupement carbonyle dans l'acétophénone :

Page 2526 (tome 238), la figure concerne la deuxième des Notes ci-dessus.
Page 51 (tome 239), la figure concerne la première des Notes ci-dessus.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 SEPTEMBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS FAGE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

TOPOLOGIE PLANE. — *Les couples de continus joints dans le plan.* III. Note (*) de M. ARNAUD DENJOY.

Fin de la démonstration commencée dans la dernière Note pour le cas général $p \geqq 3$ du théorème : dans un plan, C et C′ étant deux continus dont l'ensemble commun Γ se décompose en p continus (ou points) disjoints, si $C - \Gamma$ est dans une région R′ de C′ et $C' - \Gamma$ dans une région R de C, R.R′ forme p régions.

Cette Note termine la précédente (1).

$G + G' = G + \Sigma \overline{c}'_i$ *divise* $D.D' = D(\rho, \eta) - G - G'$ *en* p *régions.*

Car $\overline{c}'_1$ ne divise pas le plan et, sauf par ses extrémités α'_1, β'_1, $\overline{c}'_1$ est dans D. D'après le théorème établi pour $p = 2$, $G + \overline{c}'_1$ divise D en deux régions ; $\overline{c}'_2$ moins α'_2 et β'_2 est dans une de ces régions et il la partage. $G + \overline{c}'_1 + \overline{c}'_2$ retranché de $D(\rho, \eta)$ forme trois régions. Et ainsi de suite.

D′ borde positivement un contour cyclique T′ où se succèdent ϖ_1 (figurant par α'_1), γ'_1, ϖ_{j_2}, γ'_2, ..., γ'_k, ϖ_1. Les p régions de D.D′ sont les régions positives, $(S_m)^+$ de p polygones S_m.

On obtient S_1 ainsi : γ_1 ou $\overline{\alpha_1 b_1}$, puis ϖ_{j_1} de b_1 jusqu'au premier point rencontré, origine d'un γ ou d'un γ', que l'on suit et qui mène à un b_m ou b'_r sur un ϖ_s, que l'on décrit jusqu'au nouveau premier γ ou γ' rencontré, et ainsi jusqu'au retour à α_1. Ayant S_1, on a S_2 en partant du premier point de T où ce cycle a été abandonné pour former S_1. Et l'on recommence jusqu'à l'épuisement de T ; T′ est aussi entièrement absorbé. Sinon en partant d'un de ses points, on décrirait un cycle fermé inclus dans G′ et qui diviserait $\underline{D(\rho, \eta)}$, ce qui n'est pas.

Chacun des S_m est composé d'arcs (éventuellement réduits à des points, ou identiques à l'intégralité) de polygones ϖ_i joints par des γ ou des γ' ; non pas uniquement des γ ni uniquement des γ', G ni G′ ne divisant pas $D(\rho, \eta)$; $(S_m)^+$ ne contient aucun point de $\Sigma(\overline{c}_i + \overline{c}'_i)$.

(*) Séance du 23 août 1954.

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 654 ; *voir également* 239, 1954, p. 561.

1. D'après $\sigma < \tau_0$, pour chacun des ϖ_i^0 tels que ϖ_i contribue à S_m, ϖ_i^0 possède dans $(S_m)^+$ un arc appartenant à un $\Delta^k(\delta)$.

2. Comme pour $p = 2$, $\Delta^k(\delta)$ et $\Delta^r(\delta)$ situés dans deux $(S_m)^+$, $(S_q)^+$ différents appartiennent à deux régions différentes de R.R'. Donc $h(\delta) \geqq p$.

3. Si $\Delta^k(\delta)$ et $\Delta^r(\delta)$ sont dans le même $(S_m)^+$, ils sont dans la même région de R.R'. Car on peut les joindre dans $(\delta_m)^+$ par une ligne L disjointe de C et par une ligne L' disjointe de C'.

En effet, si $\lambda_{k,r}(\delta)$ sort de $(S_m)^-$, c'est uniquement par des lignes γ'. Soit γ'_ν la première, x'_ν et y'_ν les premiers points de γ'_ν rencontrés sur $\lambda_{k,r}$ parcouru respectivement depuis A et depuis B.

Si en y'_ν le passage en venant de A se fait de $(S_m)^-$ vers $(S_m)^+$, on remplace comme dans le cas de $p = 2$, l'arc $(x'_\nu y'_\nu, \lambda_{k,r})$ par un arc très voisin de $(x'_\nu y'_\nu, \gamma'_\nu)$, intérieur à $(S_m)^+$. Cet arc sera disjoint de C. Or *il est impossible qu'en* y'_ν *le chemin* $(By'_\nu, \lambda_{k,r})$ *vienne* de $(S_m)^-$.

En effet, dans cette hypothèse, $(y'_\nu B, \lambda_{k,r})$ rentre dans $(S_m)^+$ par un premier point x'_μ d'un γ'_μ, μ étant différent de ν. L'arc-intervalle $(y'_\nu x'_\mu, \lambda_{k,r})$ est dans $(S_m)^-$. Soit P le polygone $(y'_\nu x'_\mu, \lambda_{k,r}) + (x'_\mu y'_\nu, S_m)$; P^+ et $(S_m)^+$ coïncident le long de $(x'_\mu y'_\nu, S_m)$. Sur le parcours de S_m entre γ'_μ et γ'_ν on rencontre au moins un polygone ϖ_i, et entre γ'_ν et γ'_μ au moins un autre, ϖ_j. Les arcs de ϖ_i et de ϖ_j situés sur P appartiennent respectivement aux arcs-intervalles $(x'_\mu y'_\nu, S_m)$ et $(y'_\nu x'_\mu, S_m)$. Le reste de ϖ_i est, avec $(\varpi_i)^-$, dans P^-; ϖ_j est, comme l'arc intervalle $(y'_\nu x'_\mu, S_m)$, dans P^+. Dans $G = \Sigma\varpi_i + \Sigma\bar{c}_i$, ϖ_i est joint à ϖ_j par une ligne θ dont seul le point initial a_q appartient à ϖ_i, le reste étant dans $(\varpi_i)^+$; θ ne pénètre pas dans $(S_m)^+$, a_q n'est donc pas sur l'arc-intervalle $(x'_\mu y'_\nu, S_m)$; a_q n'est pas en un des points x'_μ, y'_ν, qui sont sur $\Sigma\bar{c}'_i$, donc distants de a_q d'au moins 3ε. Donc a_q est dans $(P)^-$. Et ϖ_j étant dans $(P)^+$, θ franchit P en un point qui, n'étant pas sur $(x'_\mu y'_\nu, S_m)$, est sur $(y'_\nu x'_\mu, \lambda_{k,r})$, ce qui est absurde, $\lambda_{k,r}$ étant à distance positive de G qui contient θ.

On élimine successivement tous les arcs de $\lambda_{k,r}$ situés dans $(S_m)^-$ et l'on réalise ainsi L dans $(S_m)^+$. On fait de même pour $\lambda'_{k,r}$ et, par application du lemme II, le théorème général se trouve établi.

1. Ma démonstration (non publiée) de 1911 ne concernait que les cas $p = 1$ et $p = 2$, seuls invoqués pour prouver le théorème de Jordan sur les courbes. Mes raisonnements étaient simples, mais sans extension possible au cas général, et, trop laborieux, ils demandaient à être améliorés. Ils ne faisaient pas appel au lemme I [1]. Je supposais Γ_1, Γ_2 ne divisant pas le plan. Après la définition des δ_0, ε_0, τ_0, δ'_0 [1] je formais le ou les polygones $\varpi_i(\delta)$ $(\delta < \delta'_0)$, puis avec $4\varkappa < \theta, \theta', \varepsilon, \delta$, j'obtenais $D(R, \varkappa)$, $D(R', \varkappa)$. Je retranchais de ceux-ci leurs parties situées dans $(\varpi_i)^-$ et je gardais des deux restes les domaines infinis. Leur partie commune est limitée par un ou par deux polygones que l'on suit dans le sens positif.

Par ma nouvelle méthode je réduis $C.D(\rho, \eta)$ et $C'.D(\rho, \eta)$ à de simples chaînes de points c_i, c'_i.

2. Janiszewski a énoncé en 1915 ce théorème, qu'à la suite de Borsuk et Eilenberg l'École polonaise a pris pour fondement d'une profonde théorie de la topologie du plan : *Si le continu* F *ne divisant pas le plan est la somme de deux continus* C *et* C', *l'ensemble* $\Gamma = C.C'$ *est continu*.

Si Γ(borné) est discontinu, pour un certain δ_0 un domaine $D(\rho, \delta_0)$ a dans sa frontière un polygone ϖ_0 partageant Γ en Γ_1 dans $(\varpi_0)^-$ et Γ_2 dans $(\varpi_0)^+$. Les nombres δ'_0, ε_0, τ_0 s'en

déduisent, et pour $\delta < \delta'_0$, η et ε. Dans $D(\rho, \eta)$ nous formons G ne le divisant pas. Passant à C′, dès c'_1 obtenu, $G + \overline{c}'_1$ divise $D(\rho, \eta)$ en deux régions et, d'après l'alinéa 2 du raisonnement pour $p = 2$, $h(\delta) \geqq 2$. Mon théorème de 1910 pour $p = 2$ a suffi.

L'École polonaise utilise les transformations continues du plan. Nous envisageons une notion plus large de la continuité, à la façon dont les continus cantoriens sont plus généraux que les continus unicursaux de Jordan.

Je laisse aux jeunes chercheurs intéressés par la topologie cartésienne le soin d'examiner si mes raisonnements s'étendent à des propositions vraisemblables telles que celle-ci : Dans l'espace cartésien $U_r (r \geqq 3)$, si C et C′ étant uniconnexes, $\Gamma = C.C'$ forme p uniconnexes disjoints, l'ensemble ouvert $U_r - (C + C')$ est $(p - 1)$ fois non biconnexe (il existe $p - 1$ doublets uniconnexes par lesquels ne passe aucun biconnexe disjoint de $C + C'$ et non reliables en mode biconnexe hors de $C + C'$).

Des énoncés analogues doivent exister pour les diverses associations de multiconnexité.

MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE. — *Étude au microscope électronique des capillaires pulmonaires chez les Mammifères.* Note de MM. **Albert Policard, André Collet** et Mme **Lucette Giltaire-Ralyte.**

La paroi des capillaires pulmonaires chez le Rat est beaucoup plus mince qu'on l'admettait jusqu'à présent, 0,15 à 0,25 μ environ. Des couches protoplasmiques, endothéliales en dedans et alvéolaires en dehors sont très souvent absentes dans les microphotographies électroniques. Discussion de ces résultats.

Les techniques ordinaires de la microscopie optique ont laissé beaucoup d'incertitudes en ce qui concerne la structure fine de la paroi des capillaires pulmonaires. Du point de vue histophysiologique, la connaissance de sa constitution est cependant d'une grande importance puisque à travers elle, s'effectue le phénomène essentiel de l'échange des gaz entre sang et air alvéolaire.

Classiquement, cette paroi serait constituée par : 1° l'endothelium; 2° la basale sur laquelle il repose; 3° pour certains auteurs, une mince assise, avec des fibres de reticuline, constituée par la substance fondamentale de la paroi alvéolaire, le capillaire étant, dans ces conditions, inclus dans cette paroi et non porté par elle; 4° enfin, au moins pour les anciens histologistes, une couche protoplasmique continue représentant les « plaques anucléées » de la conception de Kœlliker. Ainsi constituée, la paroi des capillaires aurait une épaisseur totale de 2 μ, Bohr (1) ou 4 μ, Hüfner (2). Ce sont les chiffres classiquement acceptés par les physiologistes.

L'étude de cette paroi au microscope électronique apporte des données nouvelles sur ces points.

(1) *Skand. Arch. Physiol.*, **2**, 1890, p. 236.

(2) *G. Arch. Physiol.*, **21**, 1897, p. 122.

Technique. — Le poumon de Rat normal est fixé par injection intratrachéale d'acide osmique à 2 % tamponné à pH 7,5 (liquide de Palade) inclusion au méthacrylate de butyle. Coupes minces de 0,1 μ. Examen au microscope électronique (Philips) à des grossissements de 2 000 à 18 000 diamètres.

Résultats. — Les *cellules endothéliales* présentent un corps cellulaire très net entourant le noyau, cet ensemble étant logé dans la partie du capillaire n'étant pas située du côté de la surface regardant la cavité alvéolaire. Ce fait classique est pleinement confirmé. Par contre, bien souvent, nous n'avons pu observer la présence d'un feuillet protoplasmique endothélial sur la face interne de la paroi, côté alvéolaire. Ce résultat négatif peut être expliqué de diverses façons. Cette couche endothéliale est-elle trop mince pour être vue dans les conditions de notre technique, c'est-à-dire inférieure à 100 Å? Est-elle réellement absente histologiquement en cette région des capillaires, qui, dans ces conditions, s'apparenteraient à des sinusoïdes ? Ou a-t-elle été dissoute par la fixation, suivant un processus signalé par F. E. Low (3)? Nous ne pouvons pas actuellement le préciser, mais le fait demeure : fréquemment, on ne voit pas de couche endothéliale perceptible sur la face interne de la paroi capillaire, côté alvéole.

La *paroi propre* du capillaire est constituée par une membrane très dense au microscope électronique. Elle paraît anhiste et sans structure. Son épaisseur est très faible, 0,05 à 0,12 μ. Bien entendu, dans les points ou la section de la membrane a été oblique, elle paraît un peu plus épaisse. Mais grâce aux coupes ultraminces et à un examen attentif, on se rend compte facilement de cette condition spéciale.

Appliquée étroitement contre la paroi propre se trouve une *seconde membrane*, présentant le même aspect général, dense et ayant une épaisseur faible de 0,07 à 0,12 μ. Entre la paroi propre et cette membrane, il ne semble pas y avoir de soudure complète. En certains points, elles sont séparées. Ceci montre qu'entre les deux membranes, il existe une zone de moindre résistance, aisément fissurable. Sur les côtés, en dehors de la face tournée vers l'alvéole, les deux membranes sont distinctes. Dans l'espace qui les sépare, se trouvent des fibrilles élémentaires de réticuline, de 100 à 150 Å de diamètre.

Sur la paroi extérieure du capillaire, on ne peut observer aucune formation qui puisse être considérée comme une assise protoplasmique quelconque, en particulier, rien qui puisse être rapporté à une expansion des cellules alvéolaires du voisinage, ainsi que cela a été postulé jadis par certains et comme on a cru en observer récemment au microscope électronique. Tout spécialement, nous n'avons pas pu retrouver les prolongements en voiles très minces des cellules alvéolaires décrits par F. E. Low (4). Les cellules alvéolaires présentent quelquefois des prolongements, mais ils sont courts, trapus et ne s'étendent

(3) *Anat. Rec.*, 117, 1953, p. 241.
(4) *Anat. Rec.*, 118, 1954, p. 459.

qu'à une faible distance de la cellule, jamais sur la surface alvéolaire des capillaires. Si, sur celle-ci, il existe une couche protoplasmique, elle est inférieure à 100 Å et serait ainsi du type des membranes moléculaires.

Conclusions. — Dans l'ensemble, et dans les conditions techniques de nos recherches, la paroi des capillaires pulmonaires apparaît ainsi comme constituée de deux lames denses, paraissant anhistes, accolées et assez semblables, l'une représentant la paroi propre (basale) du capillaire, l'autre, une émanation de la substance fondamentale de la paroi alvéolaire. Sur les côtés du capillaire, ces deux lames se séparent, la lame d'origine pariétale alvéolaire quittant la paroi propre du capillaire. A ce niveau s'observent de nombreuses fibrilles élémentaires de réticuline.

L'ensemble de ces deux parois, adhérentes du côté alvéolaire du capillaire, a une épaisseur totale de 0,15 à 25 μ, beaucoup plus faible qu'on le supposait précédemment. Cette constatation a de l'intérêt au point de vue de l'échange des gaz.

Dans cette paroi, se trouve une zone virtuelle, facilement décollable, et peut être même normalement décollée en certains points. Ceci constitue un détail intéressant au point de vue histopathologique. Cette zone pourrait, peut-être, être le siège de cheminements de lymphe. Des recherches ultérieures sont nécessaires pour préciser ce point, encore hypothétique jusqu'à présent.

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. René Dugas intitulé : *La Mécanique au* XVIIe *siècle* (*Des antécédents scolastiques à la pensée classique*), dont il a écrit la *Préface*.

M. **Georges Bouligand** fait hommage de la cinquième édition, revue et très augmentée, de son Ouvrage intitulé : *Mécanique rationnelle. Cours et problèmes résolus à l'usage des élèves des Facultés des sciences.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Commission européenne pour l'étude de l'opinion publique et des marchés. *Esomar. VIIe Congrès international, Ostende,* 2-8 *septembre* 1954. (Tricentenaire de la naissance du Calcul des probabilités et de Jacques Bernoulli.)

2° Loodusuurijate selts Eesti NSV Teaduste Akadeemia Juures (Société des sciences naturelles de l'Académie des sciences de l'Esthonie), 1853-1953. *Loodusuurijate seltsi Juubelikoguteos* (*Volume jubilaire*).

Il signale également trois fascicules polycopiés ou dactylographié.

1° *Le Chevalier de Borda. Le Savant capitaine de vaisseau a été le fondateur de la météorologie*, par ANDRÉ GIRET.

2° *Le Musée de la mer et le Centre d'études scientifiques de Biarritz, son vingtième anniversaire, l'historique de sa fondation*, par ANDRÉ GIRET.

3° *Le Polytechnicien Charles Pravaz, médecin lyonnais*. Conférence faite le 10 juillet 1941 au Grand Amphithéâtre de la Faculté de Droit de Lyon par le Médecin lieutenant-colonel TOURNIER-LASSERVE, médecin-chef de l'École polytechnique.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie générale des propagateurs* I. Note (*) de MM. **HIROOMI UMEZAWA** et **ANTOINE VISCONTI**, présentée par M. Louis de Broglie.

Considérant à titre d'exemple l'électromagnétisme quantique, on montre que l'introduction de sources extérieures fictives et le choix d'une représentation spéciale permettent de définir un opérateur d'évolution qui est la fonction génératrice des divers propagateurs et qui permet d'obtenir les équations fonctionnelles auxquelles ils satisfont.

1. Considérant l'électromagnétisme quantique, nous supposons donné son hamiltonien en représentation de Heisenberg avec une partie représentant une interaction avec des sources fictives η, $\bar{\eta}$, J (qui disparaîtront des résultats définitifs) et que nous écrirons :

$$\mathcal{H}_S(x) = -\lambda\bar{\psi}(x)\eta(x) - \lambda\bar{\eta}(x)\psi(x) - \lambda' J_\mu(x) A_\mu(x) \tag{1}$$

λ et λ' sont deux constantes de couplage. Dans une représentation où les grandeurs de champ satisfont aux équations classiques — sans sources — en représentation de Heisenberg et où les variations du vecteur d'état sont dues aux seules sources extérieures η, $\bar{\eta}$, J, on montre qu'à toute variation arbitraire infinitésimale $\delta\mathcal{H}(x)$ correspond une variation de l'opérateur d'évolution $\mathcal{U}[\sigma_I, \sigma_{II}, \eta, J]$:

$$\delta\mathcal{U}[\sigma_I, \sigma_{II}, \eta, J] = -i\int_{\sigma_{II}}^{\sigma_I} \mathcal{U}[\sigma_I, \sigma', \eta, J]\,\delta\mathcal{H}(x')\,\mathcal{U}[\sigma', \sigma_{II}, \eta, J]\,d^4x' \tag{2}$$

où la surface du genre espace σ' passe par le point x'.

En choisissant comme variation $\delta\mathcal{H}$:

$$\delta\mathcal{H}(x) = -\lambda\big(\bar{\psi}(x)\,\delta\eta(x) + \delta\bar{\eta}(x)\,\psi(x)\big) - \lambda'\,\delta J_\mu(x)\,A_\mu(x) \tag{3}$$

on peut définir toutes les dérivées partielles fonctionnelles de l'opérateur $\mathcal{U}$

(*) Séance du 13 septembre 1954.

par rapport à η, $\bar{\eta}$, J, et écrire la formule de Taylor :

$$(4)\quad \mathcal{U} = \mathbf{1} + \sum \frac{(i)^{m+n}}{m!\,n!} \int \bar{\eta}(x_1)\ldots\bar{\eta}(x_n)\,\mathrm{G}[0, 0, x_1\ldots x_n, x'_1\ldots x'_m]\,\eta(x'_1)\ldots\eta(x'_m)$$

$$+\sum \frac{(i)^l}{l!} \int \mathcal{G}_{\mu_1\ldots\mu_l}[0, 0, z_1\ldots z_l]\,\mathrm{J}_{\mu_1}(z_1)\ldots\mathrm{J}_{\mu_l}(z_l)$$

$$+\sum \frac{(i)^{m+l+n}}{m!\,l!\,n!} \int \bar{\eta}(x_1)\ldots\bar{\eta}(x_m)\,\mathfrak{g}_{\mu_1\ldots\mu_l}$$

$$\times [0, 0, x_1\ldots x_m, z_1\ldots z_l, x'_1\ldots x'_n]\,\eta(x'_1)\ldots\eta(x'_n)\,\mathrm{J}_{\mu_1}(z_1)\ldots\mathrm{J}_{\mu_l}(z_l),$$

les intégrations sont faites sur les variables deux fois répétées et les divers coefficients de cette formule sont les opérateurs dérivées partielles relatives à η, $\bar{\eta}$, J lorsque ces fonctions sont nulles. On montre que

$$(5a)\quad \mathrm{G}[\eta, \mathrm{J}, x_1\ldots x_n, x'_1\ldots x'_m]$$

$$= \lambda^{m+n}\Big(\sigma_{\mathrm{I}}, \mathrm{P}\big(\psi(x_1)\ldots\psi(x_n)\,\bar{\psi}(x'_1)\ldots\bar{\psi}(x'_m)\big), \sigma_{\mathrm{II}}\Big)\,\varepsilon_{m+n}(x_1\ldots x'_1\ldots),$$

$$(5b)\quad \mathcal{G}_{\mu_1\ldots\mu_l}[\eta, \mathrm{J}, z_1\ldots z_l] = \lambda'^l\Big(\sigma_{\mathrm{I}}, \mathrm{P}\big(\mathrm{A}_{\mu_1}(z_1)\ldots\mathrm{A}_{\mu_l}(z_l)\big), \sigma_{\mathrm{II}}\Big),$$

$$(5c)\quad \mathfrak{g}_{\mu_1\ldots\mu_l}[\eta, \mathrm{J}, x_1\ldots x_m, z_1\ldots z_l, x'_1\ldots x'_n]$$

$$= \lambda^{m+n}\lambda'^l\Big(\sigma_{\mathrm{I}}, \mathrm{P}\big(\psi(x_1)\ldots\psi(x_m)\,\bar{\psi}(x'_1)\ldots\bar{\psi}(x'_n)$$

$$\times \mathrm{A}_{\mu_1}(z_1)\ldots\mathrm{A}_{\mu_l}(z_l)\big), \sigma_{\mathrm{II}}\Big)\,\varepsilon_{m+n}(x_1\ldots x'_1\ldots),$$

où ε_{m+n} est le produit de toutes les fonctions $\varepsilon(x)$ formées à l'aide des coordonnées primées et non primées et où par définition

$$(6)\quad \big(\sigma_{\mathrm{I}}, \mathrm{A}(x)\,\mathrm{B}(x'), \sigma_{\mathrm{II}}\big) \equiv \mathcal{U}[\sigma_{\mathrm{I}}, \sigma, \eta, \mathrm{J}]\,\mathrm{A}(x)\,\mathcal{U}[\sigma, \sigma', \eta, \mathrm{J}]\,\mathrm{B}(x')\,\mathcal{U}[\sigma', \sigma_{\mathrm{II}}, \eta, \mathrm{J}].$$

Les valeurs moyennes pour $\eta = \bar{\eta} = 0$, $\mathrm{J} = 0$ dans le vide de (5a), (5b), (5c) définissent les fonctions de point ou propagateurs

$$(7)\quad \mathrm{G}(x_1\ldots x_n, x'_1\ldots x'_n); \qquad \mathcal{G}_{\mu_1\ldots\mu_p,\mu_{1'}\ldots\mu_{p'}}(z_1\ldots z_p, z_{1'}\ldots z_{p'}) \qquad p + p' = \text{pair}.$$

grandeurs proportionnelles aux éléments de matrice de transition entre n électrons $x_1\ldots x_n$ (ou p photons $z_1\ldots z_p$) sur σ_{I} et n électrons $x'_1\ldots x'_n$ (ou p' photons $z_{1'}\ldots z_{p'}$) sur σ_{II}. Une interprétation analogue peut être donnée pour $\mathfrak{g}$.

Les équations auxquelles satisfont les propagateurs peuvent s'obtenir en dérivant successivement par rapport à η, $\bar{\eta}$, J l'équation génératrice

$$(8)\qquad \left(\gamma_\mu \partial_\mu + m - e_1\gamma_\mu \frac{\partial}{\partial \mathrm{J}_\mu(x)}\right)\frac{\partial\mathcal{U}[\sigma_{\mathrm{I}}, \sigma_{\mathrm{II}}, \eta, \mathrm{J}]}{\partial\bar{\eta}(x)} = i\lambda^2\,\eta(x)\,\mathcal{U}[\sigma_{\mathrm{I}}, \sigma_{\mathrm{II}}, \eta, \mathrm{J}],$$

où $e_1 = (e/\lambda')$. On obtient enfin sans difficultés les équations différentielles fonctionnelles pour les propagateurs normés correspondant aux propagateurs définis en (7) divisés par $\langle 0 | \mathcal{U}[\sigma_{\mathrm{I}}, \sigma_{\mathrm{II}}, \eta = 0, \mathrm{J}] | 0\rangle$ [1].

---

[1] J. Schwinger dans les *Proc. Nat. Ac.*, 37, 1954, p. 452, a donné ces équations pour les propagateurs de un ou deux corps.

2. Les propriétés physiques importantes rappelées précédemment justifient le nom de propagateurs que nous venons d'utiliser. L'interprétation de $\mathfrak{g}$ requiert l'introduction de la fonction Γ attachée à un sommet (G et $\mathcal{G}$ dans ce qui suit sont normés) :

$$\Gamma_\nu(z, x, x') = \frac{\partial G^{-1}[J, x, x']}{e_1 \partial G_\nu[J, z]}\Big]_{J=0}. \tag{9}$$

On peut alors définir le noyau $\mathfrak{M}(x, x')$ correspondant à l'énergie propre :

$$\mathfrak{M}(x, x') = ie_1^2 \int \gamma_\mu G(x, \xi_1)\Gamma_\nu(\zeta, \xi_1, x')\mathcal{G}_{\nu\mu}(\zeta, x)\, d\zeta\, d\xi_1 \tag{10}$$

qui satisfait à

$$-e_1\gamma_\mu \frac{\partial}{\partial J_\mu(x)} G[J, x, x']\Big]_{J=0} = \int \mathfrak{M}(x, \xi)\, G(\xi, x')\, d\xi. \tag{11}$$

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Propagation des ondes électromagnétiques du type électrique transversal* (TE) *dans un guide contenant des ferrites.* Note (*) de MM. **Alfred Chevalier** et **Erseo Polacco**, présentée par M. Louis de Broglie.

Sous l'action d'un champ magnétique extérieur constant H_0 le milieu ferrique contenu dans le guide devient anisotrope. $\vec{H}_0$ étant parallèle à Oy, la relation qui relie le vecteur $\vec{H}$ de l'onde au vecteur $\vec{B}$ se présente sous la forme ([1])

$$\left.\begin{aligned} B_x &= \mu H_x + j\alpha H_z \\ B_y &= \mu_y H_y \\ B_z &= -j\alpha H_x + \mu H_z \end{aligned}\right\} \left[j = (-1)^{\frac{1}{2}}\right].$$

M. L. Kales ([2]) a démontré que si H_0 est parallèle à la direction de propagation de l'onde il y a impossibilité de propagation pour les modes TE, TM, TEM. Mais si H_0 est perpendiculaire à la direction de propagation, si le guide d'onde est rectangulaire et si H_0 est parallèle à l'épaisseur du guide, il existe un mode TE_{m0}.

L'onde qui se propage dans le guide est de la forme

$$\vec{E} = \vec{E}\exp[j(\gamma z + \omega t)], \qquad \vec{H} = \vec{H}\exp[j(\gamma z + \omega t)], \qquad \vec{B} = \vec{B}\exp[j(\gamma z + \omega t)],$$

où $\vec{E}$, $\vec{H}$, $\vec{B}$ sont indépendants de y.

Pour satisfaire aux conditions aux limites, il est nécessaire de prendre $E_x = E_z = H_y = 0$. Les équations de Maxwell se réduisent alors au système

(*) Séance du 23 août 1954.

([1]) D. Polder, *Phyl. Mag.*, 40, 1949, p. 99.

([2]) *J. Appl. Phys.*, 24, 1953, p. 604.

suivant :

$$(1)\qquad \begin{cases} jE_y \quad - j\dfrac{\omega\mu}{c}H_x + \dfrac{\omega\alpha}{c}H_z = 0, \\ \dfrac{\partial E_y}{\partial x} \quad + \dfrac{\omega\alpha}{c}H_x + \dfrac{\omega\mu}{c}H_z = 0, \\ j\dfrac{\omega\varepsilon}{c}E_y - j\gamma H_x + \dfrac{\partial H_z}{\partial x} \quad = 0. \end{cases}$$

Si l'on tire H_x et H_z, en fonction de E_y et de $\partial E_y/\partial x$, des deux premières équations et si l'on substitue dans la troisième, on trouve

$$(2)\qquad \left[1 - \frac{c^2\gamma^2}{\omega^2\varepsilon\mu\left(1 - \dfrac{\alpha^2}{\mu^2}\right)}\right]E_y + \frac{c^2}{\omega^2\varepsilon\mu\left(1 - \dfrac{\alpha^2}{\mu^2}\right)}\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} = 0.$$

L'équation (2) admet une solution de la forme $E_y = E\sin(m\pi/a)x$ pour

$$(3)\qquad \gamma^2 = \frac{\omega^2\varepsilon\mu}{c^2}\left(1 - \frac{\alpha^2}{\mu^2}\right) - \frac{m^2\pi^2}{a^2},$$

où a est la largeur du guide.

La solution est

$$(4)\qquad \begin{cases} E_y = E\mu\left(1 - \dfrac{\alpha^2}{\mu^2}\right)\sin\dfrac{m\pi}{a}x\exp[j(\gamma z + \omega t)], \\ H_x = E\dfrac{\omega}{c}\left(\gamma\sin\dfrac{m\pi}{a}x + \dfrac{\alpha}{\mu}\dfrac{m\pi}{a}\cos\dfrac{m\pi}{a}x\right)\exp[j(\gamma z + \omega t)], \\ H_z = E\dfrac{\omega}{c}\left(\dfrac{m\pi}{a}\cos\dfrac{m\pi}{a}x + \dfrac{\alpha}{\mu}\gamma\sin\dfrac{m\pi}{a}x\right)\exp[j(\gamma z + \omega t)], \end{cases}$$

où E est une constante arbitraire.

Si α et μ sont tous deux réels, le système (4) devient

$$(5)\qquad \begin{cases} E_y = E\mu\left(1 - \dfrac{\alpha^2}{\mu^2}\right)\sin\dfrac{m\pi}{a}x\sin(\gamma z + \omega t), \\ H_z = E\dfrac{c}{\omega}\left(\dfrac{m\pi}{a}\cos\dfrac{m\pi}{a}x + \dfrac{\alpha}{\mu}\gamma\sin\dfrac{m\pi}{a}x\right)\cos(\gamma z + \omega t). \\ H_x = E\dfrac{c}{\omega}\left(\gamma\sin\dfrac{m\pi}{a}x + \dfrac{\alpha}{\mu}\dfrac{m\pi}{a}\cos\dfrac{m\pi}{a}x\right)\sin(\gamma z + \omega t), \end{cases}$$

On peut tirer les conséquences suivantes de (2) :

a. Pour $\gamma = 0$ nous obtenons la fréquence de coupure

$$\nu_c = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}}\frac{m}{2a}\left(1 - \frac{\alpha^2}{\mu^2}\right)^{\frac{1}{2}};$$

b. D'autre part, si $cm/\omega a \to 0$, on retrouve l'indice de réfraction pour la propagation libre

$$n^2 = \frac{\varepsilon}{\mu}(\mu^2 - \alpha^2).$$

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Le théorème de réciprocité appliqué aux jonctions de guides d'ondes polarisées elliptiquement.* Note (*) de M. **Georges Pircher**, présentée par M. Louis de Broglie.

Soit une jonction de n guides d'ondes polarisées elliptiquement et dans chaque guide i, un plan de référence Π_i.

En Π_i existent deux ondes : une onde A_i vers la jonction, une onde B_i sortant de la jonction; chaque onde peut être représentée soit par deux composantes orthogonales polarisées rectilignement, soit par deux composantes rotatoires directe et inverse par rapport au sens de propagation de l'onde.

Aux composantes rectilignes correspondent deux amplitudes $\begin{vmatrix} a_i \\ a'_i \end{vmatrix}$ pour l'onde entrante et $\begin{vmatrix} b_i \\ b'_i \end{vmatrix}$ pour l'onde sortante telles que : $(1/2)a_i a_i^* = P_i$, puissance incidente dans le guide i, afférente à la composante considérée, et de même pour les autres composantes.

Il est connu que l'on a

$$(1)\qquad \begin{vmatrix} b_1 \\ b'_1 \\ \cdots \\ b_i \\ b'_i \\ \cdots \\ b_n \\ b'_n \end{vmatrix} = \mathrm{M} \begin{vmatrix} a_1 \\ a'_1 \\ \cdots \\ a_i \\ a'_i \\ \cdots \\ a_n \\ a'_n \end{vmatrix},$$

M étant une matrice symétrique d'après le théorème de réciprocité.

La relation (1) peut être considérée comme l'écriture dans une base T d'une relation vectorielle :

$$(2)\qquad B_i = \sum_{j=1}^{n} F_{ij} A_j,$$

B_i étant un vecteur représenté dans la base T par la colonne $\begin{vmatrix} b_i \\ b'_i \end{vmatrix}$;

A_j étant un vecteur représenté dans la base T par la colonne $\begin{vmatrix} a_j \\ a'_j \end{vmatrix}$,

F_{ij} étant un opérateur linéaire.

La base $T = [V, V']$ est formée de deux vecteurs oscillants orthogonaux d'amplitude 1 telle que

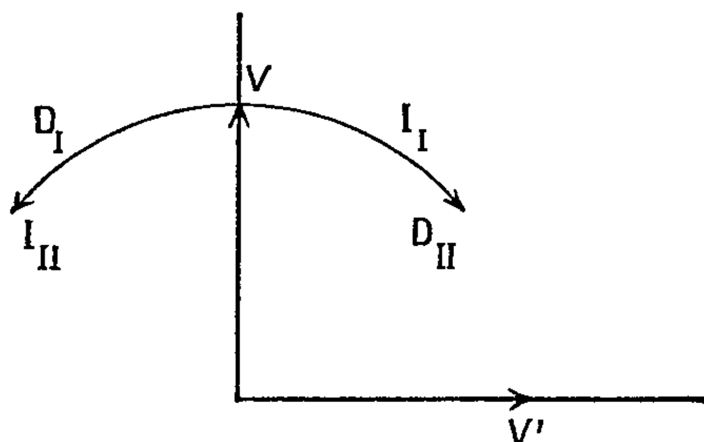
$$(3)\qquad \text{moyenne dans le temps de } \bar{T}T = \frac{1}{2}.$$

(*) Séance du 26 juillet 1954.

Chaque F_{ij} est représenté dans la base T par une matrice M_{ij} telle que

(4) $$M_{ij} = \text{symétrique de } M_{ji} = \overline{M^{*}_{ji}} \text{ puisque M est symétrique}$$

(le signe ¯ signifie ici la transposition et * la conjugaison).



Soit une autre base formée de deux vecteurs de longueur unité tournant dans le sens direct et dans le sens inverse par rapport à la direction de propagation, à la vitesse ω (pulsation). On définit ainsi, pour les ondes entrantes une base :

$$S_{I} = [D_{I}\, I_{I}]$$

et pour les ondes sortantes une base $S_{II} = [D_{II}\, I_{II}]$ telles que

(5) moyenne dans le temps de $\overline{S}_{I} S_{I}$ et de $\overline{S}_{II} S_{II}$ égale 1 ;

T, S_{I}, S_{II} sont reliées par

(6) $$S_{II} = S_{I} Q, \qquad T = S_{I} K_{I}, \qquad T = S_{II} K_{II}.$$

Pour une disposition des vecteurs de base représentée (*fig.*), on a

(7) $$K_{I} = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 1-j \\ 1+j \end{vmatrix}, \qquad K_{II} = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 1+j \\ 1-j \end{vmatrix},$$

(8) $$Q = \begin{vmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix}.$$

Les matrices M_{ij} se tranforment dans les nouvelles bases en matrices μ_{ij} telles que :

(9) $$\mu_{ij} = Q^{-1} K_{I} M_{ij} K_{I}^{-1}$$

d'après (4) et (1) on vérifie

(10) $$\mu_{ij} = \text{symétrique de } \mu_{ji} = \overline{\mu^{*}_{ji}}.$$

On peut considérer une seule base commune S au lieu de S_{I} et S_{II} si l'on prend soin de préciser à chaque fois le sens de propagation.

Dans S, A_i et B_i sont représentés par les colonnes $\begin{vmatrix} \alpha_i \\ \alpha'_i \end{vmatrix}$ et $\begin{vmatrix} \beta_i \\ \beta'_i \end{vmatrix}$ qui sont les amplitudes des composantes rotatoires directes et inverses de chaque onde :

On peut écrire :

$$(11)\qquad \begin{vmatrix} \beta_1 \\ \beta'_1 \\ \cdot\cdot \\ \beta_i \\ \beta'_i \\ \cdot\cdot \\ \beta_n \\ \beta'_n \end{vmatrix} = \mu \begin{vmatrix} \alpha_1 \\ \alpha'_1 \\ \cdot\cdot \\ \alpha_i \\ \alpha'_i \\ \cdot\cdot \\ \alpha_n \\ \alpha'_n \end{vmatrix}$$

et d'après (10) μ est symétrique.

Considérons le cas où k guides aboutissant à la jonction ne peuvent transmettre qu'une onde polarisée rectiligne.

Soit i un de ces guides, à ce moment :

$$(12)\qquad \begin{cases} \alpha_i = \alpha'_i, & \text{avec} \quad \alpha_i + \alpha'_i = a_i, \\ \beta_i = \beta'_i, & \text{avec} \quad \beta_i + \beta'_i = b_i. \end{cases}$$

Dans (11) α_i et α'_i se remplacent par $a_i/2$; β_i et β'_i par $b_i/2$.

Les deux équations fournissant β_i et β'_i sont identiques.

Les termes en α_i et α'_i sont identiques et peuvent être groupés :

$$m\alpha_i + m\alpha'_i = ma_i.$$

La matrice μ de rang $2n$ dégénère alors en une matrice ν carrée, symétrique de rang $2n - k$.

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Influence du champ magnétique sur la polarisation de la radiation* 2139 Å *émise en résonance optique par un atome de zinc.* Note de Mme **Marthe Spitzer**, présentée par M. Françis Perrin.

La raie 2 139 Å est la première raie de résonance vraie de l'atome de zinc. C'est la raie qui correspond en absorption au passage de l'état normal $4s^2\,{}^1S_0$ à l'état excité leplus bas des niveaux singulets, l'état $4s\,5p\ {}^1P_1$. Elle correspond à la raie 1 849 Å du mercure et 2 288 Å du cadmium. Quoique la raie 2 139 Å soit d'une étude photographique moins commode encore que la raie 2 288 Å, le zinc présente sur le cadmium l'avantage suivant. Le mélange naturel des isotopes ne comprend qu'une faible proportion, 4 %, d'isotopes impairs à spin non nul, tandis que le cadmium en contient une proportion de 25 %. On se trouve donc avec le zinc et la raie 2 139 Å dans des conditions qui se rapprochent le plus de celles de l'oscillateur classique à électron, grâce à l'absence de spin pour le noyau aussi bien que pour l'électron.

Dans le montage expérimental réalisé, le taux de polarisation étudié est celui p_2 qui résulte des intensités I_1 et I_2 des deux faisceaux sortant d'un wollaston calé de façon que les vibrations de ces deux faisceaux soient à 45° de la vibration rectiligne excitatrice du phénomène de résonance, le champ magnétique

étant dans la direction de l'observation. La théorie classique, confirmée par la théorie quantique de la diffusion en supposant la raie excitatrice large et non renversée, peut se faire facilement à partir de la notion de rotation de Larmor de vitesse angulaire $\omega = eH/2mc$ et de la répartition exponentielle des durées de vie de l'atome excité $\exp(-t/T)$, T étant la durée moyenne de vie.

$$I_1 = K\int_0^\infty \cos^2\left(\omega t - \frac{\pi}{4}\right)\exp\left(-\frac{t}{T}\right)dt, \qquad I_2 = K\int_0^\infty \cos^2\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right)\exp\left(-\frac{t}{T}\right)dt.$$

On en déduit

$$p_2 = \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2} = \frac{\int_0^\infty \sin 2\omega t \exp\left(-\frac{t}{T}\right)dt}{\int_0^\infty \exp\left(-\frac{t}{T}\right)dt} = \frac{2\omega T}{1 + 4\omega^2 T^2}$$

et posant

$$\omega T = \frac{eHT}{2mc} = \frac{H}{2H_0}, \qquad H_0 = \frac{mc}{e}\,\frac{1}{T} = \frac{5,72.10^{-8}}{T}$$

on a l'expression

$$p_2 = \frac{\frac{H}{H_0}}{1 + \left(\frac{H}{H_0}\right)^2}$$

qui pour des champs H faibles devant H_0 se réduit à $p_2 = H/H_0$. Il en résulte, à partir de la mesure de p_2 en fonction de H, la possibilité du calcul de H_0 et par suite de T.

La vapeur de zinc soumise à la résonance optique est enfermée dans un tube de silice fondue placé à l'intérieur de deux fours à enroulements compensés dont l'un contrôle la pression de la vapeur, l'autre interdit la condensation sur les régions du tube par où passe la lumière. L'ensemble est dans l'axe de deux bobines où passe le courant continu qui crée le champ magnétique. La lumière réémise dans l'axe des bobines est soumise au wollaston. Des lentilles de silice fondue et de quartz forment sur une plaque deux images de la trace du faisceau excitateur traversant à angle droit le tube de résonance. Étant donnée la longueur d'onde du rayonnement, les plaques ont été sensibilisées au salicylate de soude et les deux prismes du wollaston ont été adhérisés pour éviter l'absorption par la substance qui les aurait collés. La lumière de la lampe excitatrice traverse un monochromateur dont le prisme de quartz a son arête taillée parallèlement à l'axe cristallin. Il sert à la fois à séparer dans la lumière la région spectrale utilisée et à n'en conserver que la partie polarisée à angle droit de la direction d'observation. Suivant une méthode décrite ailleurs ([1]), une partie de la lumière excitatrice est envoyée sur un petit spectrographe dont le colli-

([1]) P. Soleillet et J. Martelly, *Journal de Physique*, 2, 1941, p. 109.

mateur est convenablement diaphragmé pour donner sur une plaque une tache dégradée dont on connaisse la loi de variation de l'éclairement.

Cette plaque ainsi que celle servant à l'observation de la résonance ont été découpées dans la même plaque, la sensibilisation ayant été effectuée avant que les deux parties n'aient été séparées. Développées en même temps dans des conditions identiques ces plaques sont étudiées ultérieurement au microphotomètre. Cette étude fournit I_1/I_2 et par suite p_2. La lampe excitatrice est une lampe spectrale Philipps à zinc. Son enveloppe de protection en verre a été enlevée et remplacée par un manchon d'amiante percé de trous. Des dispositions spéciales ont été utilisées pour éviter la condensation du zinc sur les portions de paroi de la lampe par où doit sortir la lumière.

Dans ces conditions les résultats obtenus ont été les suivants. Dans le domaine où la valeur absolue de H ne dépasse pas 50 gauss, la formule $p = H/H_0$ est vérifiée avec $H_0 = 132$ gauss. On en déduirait pour la durée moyenne de vie à l'état excité la valeur $T = 4,3\ 10^{-10}$. Comme dans le cas d'une étude qui a été faite de la raie de résonance 2288 Å du cadmium ([2]), cette valeur est beaucoup plus faible, cinq fois environ, que la durée moyenne de vie de l'oscillateur classique à électron qui pour cette fréquence correspond à la valeur de 2.10^{-9}.

Comme dans ce dernier cas, ce résultat traduit peut être le fait que la raie excitatrice n'est pas à la fois large et non renversée.

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Sur la mesure de la durée de vie d'un état excité par résonance optique.* Note de M. **Paul Soleillet**, présentée par M. Francis Perrin.

L'influence du champ magnétique sur la polarisation de la radiation émise par résonance optique d'un atome permet en principe la mesure de la durée moyenne de vie de l'atome dans l'état excité par cette résonance. En fait on peut se rendre compte que l'on ne peut avoir de conclusion nette que si l'on est sûr que la raie excitatrice n'est pas sensiblement renversée.

La théorie quantique de la diffusion par un atome du rayonnement contenu dans une maille permet le calcul de la probabilité de présence d'un quantum dans l'une des composantes du rayonnement après disparition d'un quantum dans une autre composante. Ce calcul, dans le cas de raies de résonance à effet Zeeman normal, telles que les raies 2288 Å du cadmium et 2139 Å du zinc, est particulièrement simple du fait qu'il n'intervient pour l'atome qu'un seul état inférieur m et trois états supérieurs μ', μ, μ''. D'ailleurs dans le cas où les vecteurs f_0 et f, caractérisant les types de vibration de la radiation excitatrice et de la radiation observée, sont perpendiculaires au champ magnétique, l'état

([2]) P. Soleillet et J. Ploquin, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 368.

supérieur d'énergie intermédiaire μ n'intervient pas non plus. Dans ces conditions après intégration par rapport aux fréquences diffusées de même type f puis par rapport aux fréquences excitatrices du même type f_0, on obtient pour la lumière diffusée comme taux de polarisation par rapport aux types f_1 et f_2 complémentaires, c'est-à-dire comme quantité $P=(P_1-P_2)/(P_1+P_2)$, où P_1 et P_2 sont les probabilités pour que le quantum diffusé soit de type f_1 ou de type f_2, une expression où figurent les intégrales

$$I_1=\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{n(u)\,du}{(u+\varepsilon)^2+\Gamma^2},\qquad I_2=\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{n(u)\,du}{(u-\varepsilon)^2+\Gamma^2},$$

$$I_0=\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{n(u)\,du}{[(u+\varepsilon)^2+\Gamma^2][(u-\varepsilon)^2+\Gamma^2]}.$$

C'est ainsi que dans le cas, qui correspond à un montage effectivement réalisé dans l'étude des raies 2288 Å du cadmium et 2 139 Å du zinc ([1]), ([2]), où f_0, f_1, f_2 sont perpendiculaires au champ magnétique, f_1 et f_2 étant à 45° de f_0, on a l'expression

$$p_2=\frac{4\,I_0\Gamma\varepsilon}{I_1+I_2}.$$

Dans ces formules ε représente la fréquence qui correspond à la différence d'énergie entre les états supérieurs μ et μ' ou μ'' et μ, $2\pi\varepsilon=\omega$ où ω est la vitesse angulaire de la rotation de Larmor $\omega=eH/2mc$. Γ est le coefficient d'amortissement lié à la durée de vie T par la relation $4\pi\Gamma T=1$. u est la différence entre la fréquence de la radiation excitatrice et la fréquence correspondant au passage de l'état μ à l'état m. $n(u)$ est une fonction de u représentant la composition en fréquence de la radiation excitatrice.

Le cas où n est indépendant de u, $n=n_0$, est celui de l'excitation par une raie large non renversée. On a alors

$$I_1=I_2=\frac{n_0\pi}{\Gamma},\qquad I_0=\frac{n_0\pi}{2\Gamma(\Gamma^2+\varepsilon^2)}$$

d'où l'on déduit

$$p_2=\frac{\Gamma\varepsilon}{\Gamma^2+\varepsilon^2}=\frac{2\omega T}{1+4\omega^2T^2}$$

qui est la formule que donnerait un raisonnement semi-classique. p_2 est alors égal à ω/Γ pour ε petit, à Γ/ε pour ε grand.

Mais ce n'est pas le résultat que donnerait une autre distribution des fréquences. Si cette distribution présente un creux au voisinage de $u=0$, on se rend compte facilement que p_2 va se trouver diminué pour les mêmes ε et Γ, car I_0 diminuera proportionnellement plus que I_1+I_2. Un calcul très suggestif peut être fait dans le cas où la distribution présenterait la forme

$$n(u)=n_0\left[1-\frac{\gamma^2}{\gamma^2+u^2}\right],$$

où $n(u)$, nulle pour $u = 0$, prend la valeur n_0 pour u beaucoup plus grand que γ, le creux étant d'autant plus large que γ est grand.

Alors

$$I_1 = I_2 = \frac{n_0 \pi}{\Gamma} \frac{\Gamma(\Gamma+\gamma)+\varepsilon^2}{(\Gamma+\gamma)^2+\varepsilon^2}, \qquad I_0 = \frac{n_0 \pi}{2\Gamma} \frac{1}{(\Gamma+\gamma)^2+\varepsilon^2}.$$

D'où

$$p_2 = \frac{\varepsilon \Gamma}{\varepsilon^2 + \Gamma(\Gamma+\gamma)}.$$

Comparant cette formule à celle du cas où n est uniforme, on voit que si γ est petit par rapport à Γ, le creux ne modifie pas le résultat. Mais, si γ est grand par rapport à Γ, pour ε petit par rapport à $\sqrt{\gamma\Gamma}$, p_2 égale ε/γ, c'est-à-dire est réduit dans le rapport Γ/γ, tandis qu'il conserve sa valeur Γ/ε pour ε plus grand.

On voit ainsi que les résultats que l'on tirerait de la mesure de p_2 en fonction de H et de l'application de la formule classique peuvent être fort erronnés en ce qui concerne la valeur de T. Ils conduisent à attribuer à T des valeurs trop faibles si la raie excitatrice est fortement renversée.

C'est sans doute ce qui s'est produit dans les expériences faites antérieurement sur la raie 2288 Å du cadmium (1) et dans celles toutes récentes sur la raie 2139 Å du zinc (2).

Les considérations présentées ici sont aussi en accord avec les expériences de M. R. Lennuier (3) sur la raie 2537 Å du mercure où la raie excitatrice a été systématiquement rendue creuse.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le schéma de niveaux du* ^{237*}Np. Note (*) de MM. **John Milsted**, **Salomon Rosenblum** et **Manuel Valadares**, présentée par M. Francis Perrin.

Le schéma de niveaux de ^{237*}Np est donné ainsi que la nature et la polarité des radiations γ impliquées. La précision des mesures γ est suffisante pour montrer que les énergies varient dans le sens indiqué par la formule corrigée de Bohr-Mottelson.

On peut faire les remarques suivantes sur la nature et la polarité des six rayonnements γ observés précédemment (1) dans la transmutation $^{241}\text{Am} \to {}^{237}\text{Np}$.

Rayonnement γ *de* 98,84 keV. — Nous avons détecté quatre raies de conver-

---

(1) P. Soleillet et J. Ploquin, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 368.

(2) M. Spitzer, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 696.

(3) *Ann. Phys.*, 2, 1947, p. 233.

(*) Séance du 9 août 1954.

(1) J. Milsted, S. Rosenblum et M. Valadares, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 259; *voir* la bibliographie donnée dans cette publication.

sion et les intensités relatives de ces raies permettent de classer ce rayonnement comme un quadrupôle électrique (E 2). Il correspond à la transition $4 \rightarrow 2$ du schéma de niveaux.

Rayonnement γ *de* 59,62 keV. — Un rayonnement de 60 keV a été observé par compteur proportionnel, par spectrographie cristalline, par des cristaux à scintillations et par spectrographie des électrons de conversion. D'après Beling, Newton et Rose, ce rayonnement est un dipôle électrique (E 1) tandis que Browne le considère comme un mélange (M 1 + E 2). Le résultat de Beling, Newton et Rose provient de la mesure du nombre de photons de ce rayonnement : 0,40 par particule α (à comparer avec la valeur 0,32 de Prohaska et le fait que Dunlavey et Seaborg ont observé que 44 % des particules α n'ont pas d'électron associé); en effet, cette valeur conduit à un coefficient de conversion maximum de 1,5. Par contre, Browne conclut d'une façon assez indirecte (à partir de l'intensité des différentes raies de fluorescence du spectre L) qu'il s'agit d'un mélange (M 1 + E 2); or, l'extrême complexité que nous avons observée dans le spectre des électrons de conversion montre qu'il est aléatoire de déduire du spectre de fluorescence L la nature et la polarité du rayonnement γ de 59,62 keV.

Le rapport expérimental des intensités $L_I : L_{III}$ (raies de 37,15 et 41,97 keV) est de 1 : 1,2; la raie de conversion en L_{II} (38,02 keV) paraît plus intense parce qu'elle se superpose avec une raie de conversion du rayonnement γ de 43,36 keV.

Rayonnement γ *de* 55,46 keV. — Ce rayonnement n'avait jamais été signalé dans aucune des trois transmutations qui conduisent au ^{237*}Np. Il correspond à la transition $4 \rightarrow 3$ du schéma de niveaux. Nous avons observé cinq raies de conversion, dont les raies L_I et L_{II} ayant la même intensité. Ceci permet de conclure qu'il ne s'agit pas d'un rayonnement pur M 1 ou E 2. Le rayonnement de 55,46 keV peut-être un mélange (M 1 + E 2) ou un E 1, mais le fait qu'on n'a pas observé ce rayonnement par spectrographie cristalline porte plutôt à penser qu'il s'agit d'un mélange (M 1 + E 2).

Rayonnement γ *de* 43,36 keV. — Nous avons observé quatre raies correspondant à la conversion en L_I, L_{II}, L_{III} et O_I, la conversion dans les couches M et N étant cachée par des raies très fortes de conversion appartenant à d'autres rayonnements.

Pour les mêmes raisons que pour le rayonnement de 55,46 keV, il est probable que le rayonnement de 43,36 keV soit un mélange (M 1 + E 2); on pourra calculer les proportions du mélange d'après le rapport de conversion dans les trois sous-niveaux L : L_I, L_{II}, L_{III} = 90, 96, 100.

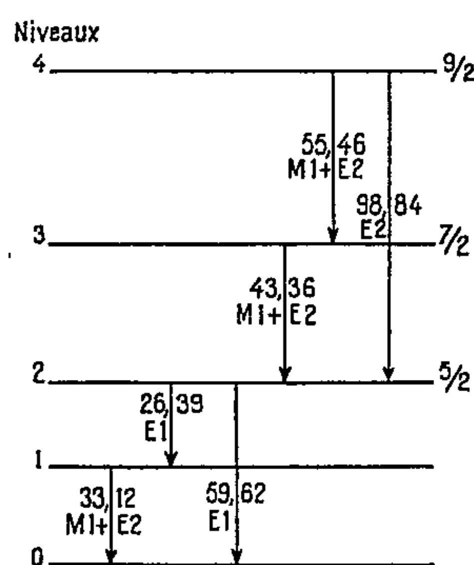
Rayonnement γ *de* 33,12 keV. — Un rayonnement γ de cette énergie a été observé par spectrographie cristalline, mais des mesures au compteur proportionnel ont mis en doute ce résultat ; le rayonnement observé pourrait en effet être dû aux impuretés de lanthane. Nous avons pu caractériser ce rayonnement

par sept raies de conversion et, d'après les intensités relatives de ces raies, il doit s'agir d'un mélange (M1 + E2).

Rayonnement γ *de* 26,39 keV. — Ce rayonnement a été observé par compteur proportionnel, par spectrographie cristalline et par spectrographie à scintillations. Nous avons observé deux raies de conversion correspondant à ce rayonnement.

Beling, Newton et Rose ont conclu que ce rayonnement est un dipôle électrique. D'après l'étude du spectre α, les transitions de 26,39 et 33,12 keV doivent avoir sensiblement la même probabilité; or, l'analyse du spectre d'électrons de conversion montre que le rayonnement de 26,39 keV est beaucoup moins converti que celui de 33,12 keV (M1 + E2), ce qui est en faveur de l'hypothèse qu'il s'agit d'un E1.

L'étude simultanée du spectre α et celle du spectre γ permet d'établir le schéma des cinq premiers niveaux du $^{237*}Np$ comme le montre la figure.



Rasmussen (2) et Asaro et Perlman (3) ont conclu, d'après les mesures du spectre α, que les niveaux 2, 3 et 4 devraient être des niveaux de rotation d'accord avec la formule de Bohr-Mottelson

$$E_{rot} = \frac{\hbar^2}{2\mathcal{J}} I(I+1).$$

Les niveaux 2, 3 et 4 auraient respectivement les spin 5/2, 7/2 et 9/2.

Les données d'énergie plus précises nous ont permis de recalculer la valeur de I pour le niveau 2 ; on trouve la valeur $I_0 = 2{,}58$. L'écart entre cette valeur et 5/2 est dans le sens prévu par la formule corrigée de Bohr-Mottelson (4).

(2) J. O. Rasmussen, *Jr. Arkiv för Fysik*, 7, 1953, p. 185.
(3) F. Asaro et I. Perlman, *Phys. Rev.*, 93, 1954, p. 1423.
(4) Aage Bohr, *Thèse*, Copenhague, 1954, p. 24.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'efficacité radiochimique relative du rayonnement mixte de la pile atomique et des rayons* γ. Note de M. **Adolphe Chapiro**, présentée par M. Francis Perrin.

Au cours des dernières années, différents chercheurs ont utilisé le rayonnement mixte qui existe à l'intérieur d'une pile atomique pour amorcer des réactions radiochimiques. On sait que ce rayonnement est constitué essentiellement par des neutrons lents, des neutrons rapides et des rayons γ de fission, de capture et de désintégration. Sa complexité rend très difficile la détermination exacte de l'énergie dissipée dans le milieu irradié. On exprime généralement la dose de rayonnement reçue par le flux de neutrons lents ayant traversé l'échantillon étudié. Mais cette grandeur n'est proportionnelle à l'énergie dissipée qu'en première approximation. En effet, l'intensité du rayonnement γ associé à un flux de neutrons lents donné peut varier dans de larges limites selon les caractéristiques de la pile, la position dans une même pile et, pour une position donnée, selon l'âge des barreaux d'uranium.

Pour avoir une idée de l' « efficacité radiochimique » du rayonnement de la pile, il est intéressant de comparer l'action chimique de ce rayonnement à celle d'un rayonnement simple comme les rayons γ par exemple et de déterminer la dose de rayons γ qui produit les mêmes transformations chimiques que le rayonnement de la pile associé à un flux de neutrons lents donné.

Une telle détermination a été faite récemment par MM. Alexander, Charlesby et Ross ([1]) qui ont étudié la dégradation radiochimique du polyméthacrylate de méthyle sous l'action du rayonnement de la pile B.E.P.O. de Harwell et des rayons γ du ^{60}Co. Ces auteurs ont trouvé que le rayonnement de la pile, associé à un flux de 10^{17} neutrons/cm^2 (1 unité de dose) produisait la même dégradation qu'une dose de rayons γ de 46 mégarœntgens.

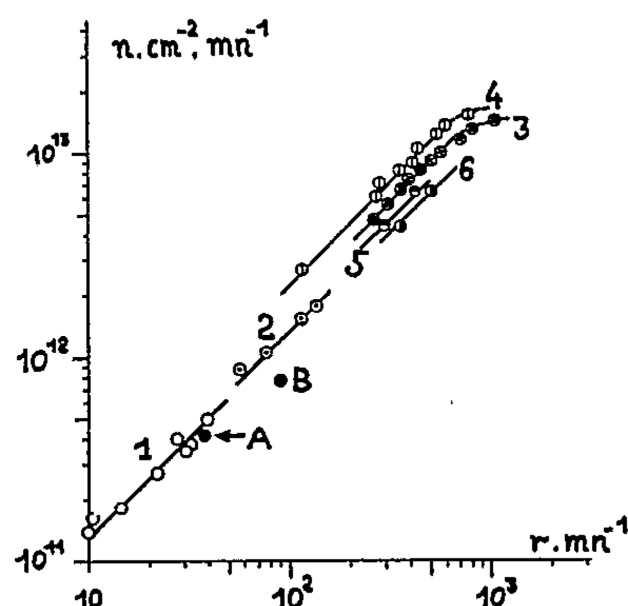
D'après les résultats de Wright ([2]) qui a étudié l'oxydation du sulfate ferreux dans la même pile, on peut déduire qu'une unité de dose du rayonnement de la pile (10^{17} n/cm^2) est équivalente à 26 Mr ou 35 Mr selon que l'on attribue à l'oxydation du sulfate ferreux par les rayons γ un rendement radiochimique $G_{Fe^{+++}}$ égal à 20 ou à 15 respectivement.

Remarquons que la dose de rayons γ « équivalente » à une unité de dose du rayonnement de la pile doit dépendre de la nature du système considéré. En effet, l'absorption des neutrons lents dépend essentiellement de la section de capture totale des éléments irradiés, tandis que l'absorption des rayons γ est déterminée par la densité électronique du milieu.

([1]) *Proc. Roy. Soc.*, A 223, 1954, p. 392.

([2]) *Farad. Soc. Discuss.*, 12, 1952, p. 60.

Cependant, si l'on se borne à considérer des systèmes chimiques qui ne renferment que des éléments à faible section de capture (C, O, N, etc.) et dont la teneur en H n'est pas très différente, on peut s'attendre à trouver une valeur quasi constante de l'efficacité relative du rayonnement de la pile par rapport aux rayons γ.



Nous avons rassemblé sur la figure 1 les résultats obtenus en comparant l'action chimique des rayons γ et du rayonnement mixte de la pile Zoé de Châtillon, sur différents systèmes chimiques. Les résultats obtenus avec les rayons γ ont été tous rapportés à un rendement radiochimique de l'oxydation du sulfate ferreux $G_{Fe^{+++}} = 20{,}8$. La pile Zoé fonctionnait à une puissance de l'ordre de 10 kW jusqu'à la fin de 1953. Depuis cette date, sa puissance a été portée à 100 kW. La courbe 1 a été tracée en comparant les expériences de Landler ([3]) sur la polymérisation du styrolène à la pile avec nos propres expériences effectuées avec les rayons γ ([4]). Les points A et B sont relatifs à la radiolyse de solutions diluées de diphénylpicrylhydrazyle respectivement dans le méthanol ([5]), ([6]) et dans l'acétate de méthyle ([5]), ([7]).

La courbe 2 représente la comparaison des résultats sur la réduction de l'orthophénantroline ferrique à la pile ([8]) et aux rayons γ ([9]).

Les courbes 3 et 4 se rapportent à des expériences non publiées de MM. Bouby et Draganic qui ont étudié l'oxydation du sulfate ferreux dans différentes positions d'un canal central de la pile (courbe 3) et d'un canal périphérique (courbe 4). Enfin les courbes 5 et 6 résument les résultats de nos

([3]) *Thèse*, Paris. 1952.

([4]) A. Chapiro et P. Wahl, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1803.

([5]) A. Chapiro, M. Corval et C. Cousin, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 799.

([6]) A. Prévot-Bernas, A. Chapiro, C. Cousin, Y. Landler et M. Magat, *Farad. Soc. Discuss.*, 12, 1952, p. 98.

([7]) A. Chapiro, *J. Chim. Phys.*, 51, 1954, p. 165.

([8]) J. Pucheault, Résultats non publiés.

([9]) M. Lefort et J. Pucheault, *J. Chim. Phys.*, 50, 1953, p. 580.

propres expériences non encore publiées sur la réticulation du polyéthylène et la dégradation du polyméthacrylate de méthyle respectivement, sous l'influence des rayons γ du ^{60}Co et du rayonnement de la pile.

On voit sur la figure que pour les systèmes étudiés, l'action chimique du rayonnement global de la pile associé à un flux de 10^{17} n/cm^2 est équivalente à une dose de 7,5 à 11 Mr pour les conditions de fonctionnement à 10 kW et de 4,5 à 8 Mr pour la marche à 100 kW. Rappelons que pour la pile B.E.PO. de Harwell, les doses correspondantes étaient de 25 à 46 Mr.

Ce résultat met en évidence l'importance de la composante γ du rayonnement de la pile dont l'intensité relative est plus grande dans un réacteur à graphite (B.E.P.O.) que dans un réacteur à eau lourde (Zoé).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Bande d'absorption à 2 μ72 de la silice vitreuse.* Note (*) de M. **Vittorio Garino-Canina**, transmise par M. Charles Mauguin.

On imagine d'habitude que, dans la silice vitreuse, préparée par fusion du quartz, les atomes sont liés entre eux par des forces de même nature que dans le cristal, avec chaque atome de silicium entouré par quatre atomes d'oxygène, chaque oxygène constituant un pont entre deux atomes de silicium.

Nous avons étudié les propriétés dans l'infra-rouge de la silice vitreuse obtenue (à partir de quartz) par des procédés différents (¹).

Nous avons remarqué que toutes les silices vitreuses obtenues par une méthode impliquant la présence d'eau au moment où la fusion a lieu, présentent une bande d'absorption très nette et assez importante à 2 μ72 (*fig.* 2).

Cette bande était, au contraire, absente toutes les fois que la silice avait été fondue par des procédés n'impliquant pas la présence de H_2O (*fig.* 1).

La position de cette bande d'absorption (qui correspond à la fréquence de vibration de groupes OH très faiblement liés) et les résultats que nous venons de citer concernant les procédés de fusion, nous font penser que la bande d'absorption à 2 μ72 peut être due à des groupes OH liés au silicium et résultant d'une réaction entre la silice et l'eau au moment où la fusion a lieu : on serait ainsi conduit à imaginer un réseau tridimensionnel interrompu par endroit, les atomes d'oxygène liés à un atome H ne pouvant plus jouer le rôle de pont entre deux atomes Si. On aurait, pour ainsi dire, un verre du type SiO_2, H_2O, à très faible teneur en H_2O. Deux faits expérimentaux nous semblent confirmer l'hypothèse faite.

D'abord la densité optique à 2 μ72 (la hauteur du maximum dans la courbe *fig.* 2) est fonction du diamètre du grain de quartz employé pour la fusion :

(*) Séance du 9 août 1954.

(¹) V. Garino-Canina, *Cahiers de Physique*, n° 48, 1954, p. 72.

l'absorption croît quand le diamètre du grain diminue, ceci nous fait penser à une réaction silice-eau ayant lieu à la surface de chaque grain, la surface totale ayant été intéressée au phénomène pour un poids donné de matière, étant une fonction décroissante du diamètre du grain.

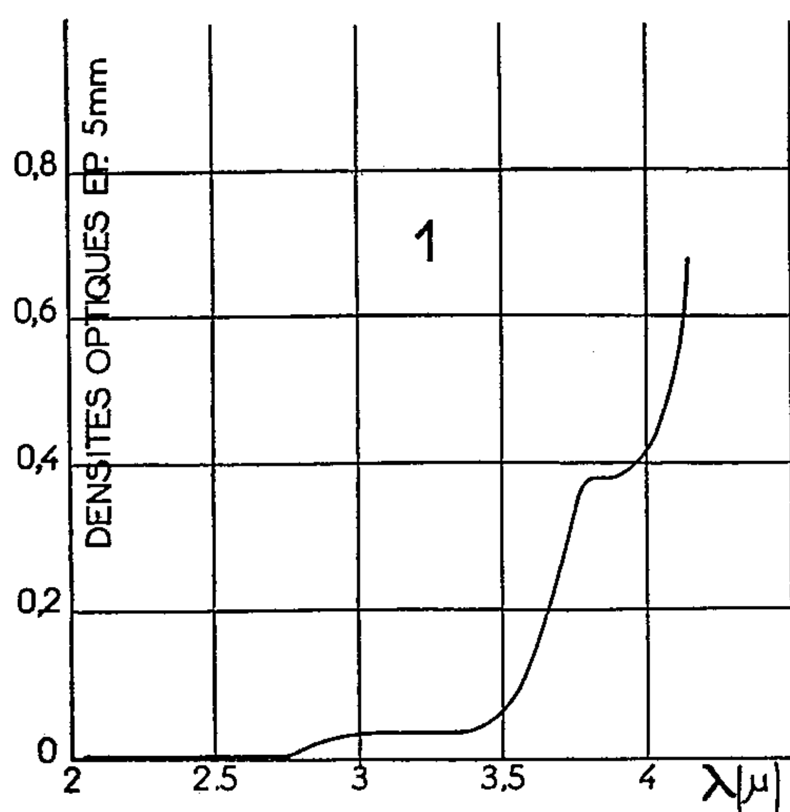


Fig. 1.

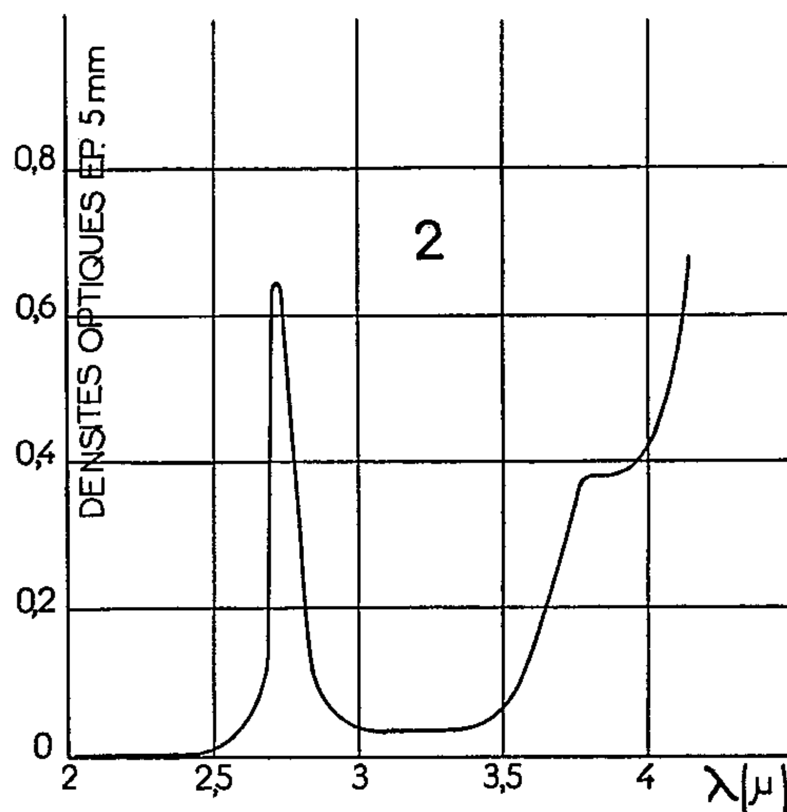


Fig. 2.

Les valeurs de l'absorption calculées à partir de cette hypothèse ne concordent que qualitativement avec les résultats des mesures. Ceci est dû au fait que les dimensions et la forme des grains de quartz employés dans une fusion ne sont pas constantes. Il faudrait tenir compte de la répartition des surfaces dans les grains qui sont fondus.

Un autre fait expérimental qui semble confirmer l'hypothèse faite est celui-ci : un chauffage prolongé à température élevée et même une refusion de la matière sous vide, ne peuvent faire disparaître la bande d'absorption à 2μ72. Ceci nous suggère que l'eau responsable de cette absorption est bien de l'eau liée chimiquement à la silice.

M. Coulon, du Laboratoire des Hautes Pressions au C. N. R. S. à Bellevue, a bien voulu faire pour nous des mesures d'absorption dans l'infra-rouge.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'influence de l'orientation cristalline du fer sur la formation des germes d'oxyde à sa surface aux basses pressions d'oxygène et températures élevées.* Note (*) de MM. **Jean Bardolle** et **Jacques Benard**, transmise par M. Albert Portevin.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons indiqué que si l'on oxyde de façon

(*) Séance du 13 septembre 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 231.

ménagée à haute température des surfaces monocristallines de fer, il est possible d'obtenir dans certaines conditions une oxydation de type discontinu, conduisant à la formation de germes d'oxyde épitaxiques. Ces résultats s'observent en particulier sur des échantillons préparés de façon convenable (1, 2) et portés pendant plusieurs heures à 850° sous une pression d'oxygène de l'ordre de 10^{-3} mm de mercure. Dans ces conditions le nombre par unité de surface, les dimensions, la forme et l'orientation des germes varient en général d'un cristal à l'autre. Nous nous proposons de préciser quantitativement dans la présente Note l'influence de l'orientation cristalline de la surface métallique à l'égard de ces observations.

Afin de réaliser l'oxydation des différentes surfaces monocristallines dans des conditions aussi voisines que possible, nous avons jugé nécessaire d'utiliser des plaquettes de fer comportant un assez grand nombre de cristaux de dimensions moyennes (de un à quelques mm^2). L'étude a été faite sur des fers de différentes provenances : Armco traité dans l'hydrogène, fer pur électrolytique (Centre de Chimie Métallurgique, Vitry), Puron (Westinghouse). La surface des échantillons subit une préparation que nous avons décrite antérieurement [2] ; elle est ensuite soumise à l'oxydation dans les conditions indiquées plus haut.

Nous avons étudié en premier lieu la relation entre le nombre de germes par unité de surface (densité superficielle des germes) et l'orientation du cristal métallique sous-jacent (cette dernière est déterminée par la méthode de Laue en retour). Les résultats obtenus pour un échantillon dont 28 cristaux ont été étudiés sont résumés dans la figure 1. On a adopté dans celle-ci la représentation conventionnelle des plans dans le triangle stéréographique. Un certain nombre de plans d'indices simples ont été représentés par deux cercles concentriques et chaque cristal étudié par un seul cercle. Les chiffres indiqués pour ces derniers représentent le nombre n de germes par $10^{-4}\,mm^2$. Ce nombre varie approximativement de 1 à 100 lorsqu'on passe du plan (110) au plan (100) et de 1 à 10 seulement lorsqu'on passe de (110) à (111). De plus la variation est régulière à l'intérieur du triangle stéréographique et il a été possible de tracer des lignes d'égale densité superficielle. Une certaine imprécision subsiste toutefois dans le tracé de la première d'entre elles : $n = 5/10^{-4}\,mm^2$. En outre, bien que le nombre de germes par unité de surface sur un plan cristallin déterminé soit fonction des conditions expérimentales (température et pression), le classement des différents plans qui ressort de la représentation précédente ne s'en trouve pas fondamentalement modifié. Les figures 2, 3 et 4 correspondent respectivement à l'aspect micrographique des germes au voisinage des plans (211), (100) et (110).

Un autre aspect intéressant de l'étude des germes concerne leur morphologie et les relations entre celle-ci et l'orientation du métal sous-jacent. Nous signa-

---

(2) R. F. MEHL, E. L. MAC CANDLESS et RHINES, *Nature*, 134, 1934, p. 1009; R. F. MEHL et E. L. MAC CANDLESS, *Trans. A. I. M. M. E. Iron and Steel Division*, 125, 1937, p. 531.

lerons seulement ici que la direction des germes de forme allongée les plus développés sur une face cristalline donnée, représente généralement la trace du plan (110) faisant l'angle minimum avec cette surface.

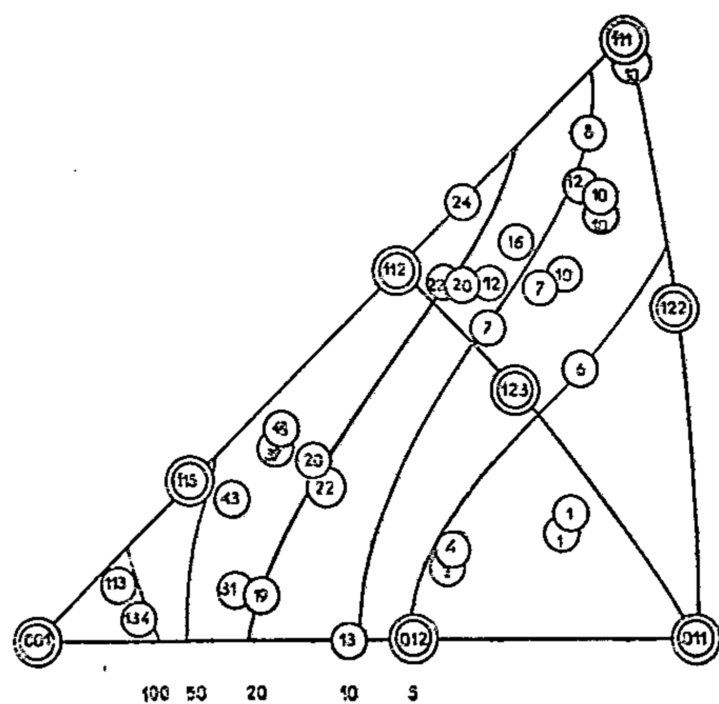


Fig. 1.

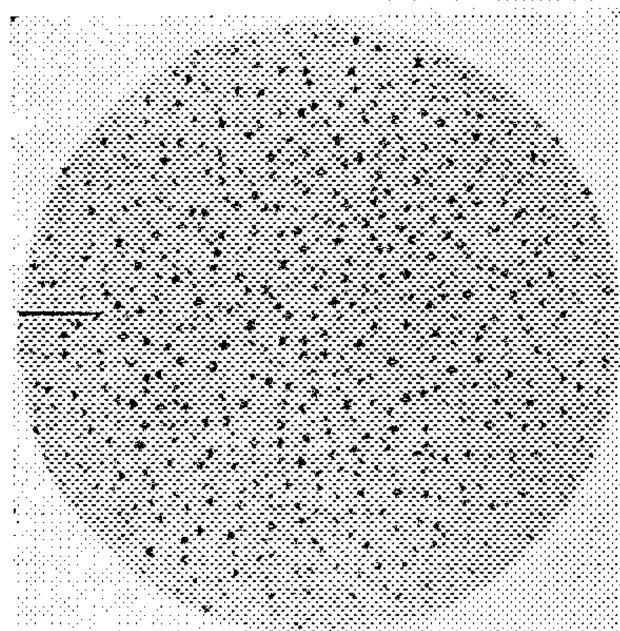


Fig. 2.

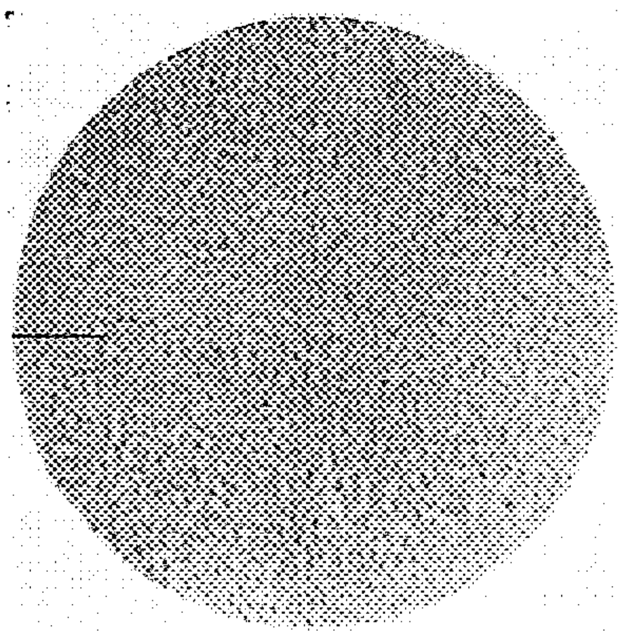


Fig. 3.

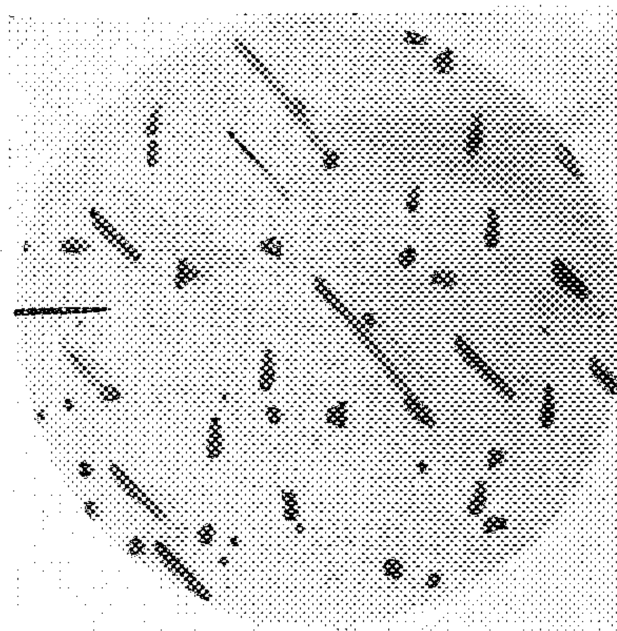


Fig. 4.

Fig. 1. — n = nombre de germes/10^{-4} mm²; Fig. 2. — Plan (211) × 1200; Fig. 3. — Plan (100) × 1200; Fig. 4. — Plan (110) × 1200.

L'interprétation détaillée de ces résultats sortirait du cadre de cette Note et sera donnée ultérieurement. Nous ferons simplement remarquer que la relation d'épitaxie antérieurement observée entre le protoxyde et le métal [2], [3] et [4] semble indiquer que l'atome d'oxygène vient occuper le centre des faces du cube de fer, cette disposition mutuelle des atomes de fer et d'oxygène étant ainsi la plus voisine de celle qui est finalement réalisée dans le réseau du pro-

---

[3] E. A. GULBRANSEN et R. RUKA, *Role of crystal orientation in the oxidation of iron* (Westinghouse research laboratories), publication scientifique n° 1590, 1951.

[4] J. BARDOLLE et J. BÉNARD, *Rev. Métall.*, 49, 1952, p. 613-622.

toxyde. Si l'on admet cette disposition, on voit que le nombre de places favorables à la fixation des atomes d'oxygène sur une surface monocristalline de fer est précisément maximum dans le cas du plan (100). Il est facile de comprendre que la probabilité de formation de germes d'oxyde soit plus grande sur ce plan que sur tout autre plan, comme l'indiquent nos expériences.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des échangeurs de cations sur les alcools.* Note de MM. **Édouard Swistak** et **Pierre Mastagli**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs indiquent que les échangeurs de cations peuvent remplacer l'acide sulfurique et d'autres catalyseurs dans la déshydratation des alcools pour aboutir soit à des éthers, soit à des carbures éthyléniques.

Dans ce travail, nous avons employé un échangeur de cations fort, préparé par sulfonation du phénol et polymérisé au formol. Cet échangeur peut travailler comme catalyseur de déshydratation à des températures aussi élevées que 210°. C'est un excellent outil de travail pour obtenir des déshydratations catalytiques.

Tous les alcools primaires étudiés depuis C_3 jusqu'à C_{12} fournissent les éthers-oxydes correspondants, mais une réaction secondaire a lieu aussi et fait aboutir au carbure éthylénique attendu. Si bien qu'on obtient, comme le montrent les tableaux, un mélange d'éther et d'hydrocarbure.

Les alcools secondaires de la série aliphatique sont connus pour se déshydrater plus facilement en donnant des hydrocarbures. Par contre les alcools secondaires de la série aromatique fournissent surtout des éthers-oxydes. Par exemple l'alcool phényléthylique secondaire transforme 68 % d'alcool en éther et 15 % en styrolène, pendant que l'alcool phényléthylique primaire 63 % en éther et 25 % en styrolène. On remarque ici l'influence spéciale du noyau benzénique qui favorise la formation d'éthers-oxydes plutôt que celle des carbures éthyléniques et ceci est encore plus évident avec l'alcool benzylique qui fournit 88 % d'éther benzylique.

On obtient des résultats analogues avec les alcools primaires non saturés.

L'alcool allylique, par exemple, a fourni par chauffage dans une bombe des rendements atteignant jusqu'à 76 %.

Nous avons travaillé de deux façons :

a. Avec les alcools dont le point d'ébullition ne dépasse pas 100° tels que l'alcool propylique, allylique, butylique secondaire et tertiaire, nous nous sommes servis de la méthode sous pression. On verse 100 g d'un alcool avec 10 g d'échangeur dans une bombe en acier. On chauffe au bain de sable. Après le temps de chauffage indiqué dans le tableau suivant, on refroidit la bombe. On fait sortir le produit, on sépare l'eau formée par décantation, on fractionne une première fois, on sèche et distille l'éther obtenu sur du sodium.

Partie expérimentale.

Noms des alcools en réaction.	Température (°C).	Temps de réaction (h).	Pourcentage d'alcool transformé.
Alcool propylique	160	15	80 % en éther propylique 20 d'alcool récupéré
Alcool butylique	118	45	66 en éther butylique 34 d'alcool récupéré
Alcool butylique-2	160	20	62 en butène-1 28 d'alcool récupéré 10 non identifié
Alcool butylique-3	160	20	73 en isobutylène 15 d'alcool récupéré 12 non identifié
Alcool amylique 1	135–150	45	65 en éther amylique 15 en pentène-1 20 d'alcool récupéré
Alcool isoamylique	128–148	45	72 en éther isoamylique 18 d'alcool récupéré 10 non identifié
Hexanol-1	125–140	45	69 en éther hexylique 19 en hexène-1 12 d'hexanol récupéré
Heptanol-1	170–190	45	68 en éther heptylique 20 en heptène-1 12 d'heptanol récupéré
Octanol-1	190–200	45	65 en éther octylique 22 en octène-1 13 d'octanol récupéré
Nonanol-1	190–200	45	63 en éther nonylique 23 en nonène-1 14 de nonanol récupéré
Décanol-1	195–210	45	64 en éther décylique 22 en décène-1 14 de décanol récupéré
Undécanol-1	190–210	45	62 en éther undécylique 24 en undécylène-1 14 d'undécanol récupéré
Dodécanol-1	190–215	45	60 en éther dodécylique 18 en dodécylène-1 22 en dodécanol récupéré
Alcool allylique	160	15	76 en éther allylique 24 d'alcool récupéré
Alcool phényléthylique-1	125–160	30	63 en éther phényléthylique 25 en styrolène 12 d'alcool récupéré
Alcool phényléthylique-2	125–160	30	68 en éther phényléthylique 15 en styrolène 17 d'alcool récupéré

b. Les alcools dont le point d'ébullition dépasse 100° sont chauffés, dans un ballon de Dean et Stark, au bain d'huile ou de sable suivant qu'on veut traiter à une température plus basse ou plus haute. Après le temps voulu on sort le produit et on le purifie comme dans le premier cas.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse du méthyl-3 ambréinolide et des oxydes correspondants* (1). Note de M. **Robert E. Wolff**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Sur le modèle d'une synthèse de l'ambréinolide effectuée à partir de la dihydro-α-ionone, une synthèse du méthyl-3 ambréinolide à partir de la dihydro-iso-α-irone est décrite.

L'ambréinolide (XIII *a*), $C_{17}H_{28}O_2$, F 141°, donne, par réduction avec $LiAlH_4$ et déshydratation du glycol obtenu (XIV *a*), F 132°, deux oxydes stéréoisomères (XV *a*) $C_{17}H_{30}O$, F 84 et 71°, dont le premier est porteur de l'odeur caractéristique de l'ambre gris (2). Une synthèse de l'ambréinolide ayant été effectuée à partir de la dihydro-α-ionone (3), il a semblé intéressant de synthétiser à partir de la dihydro-iso-α-irone, un méthyl-3 ambréinolide (XIII *b*) et les oxydes correspondants (XV *b*).

La dihydro-iso-α-irone (I) (semicarbazone : F 144°), est condensée selon Reformatsky avec le bromoacétate d'éthyle; l'hydroxyester (II) est déshydraté par pyrolyse de son acétate : on obtient l'ester insaturé (III *b*) : $É_{0,1}$ 100°; n_D^{20} 1,4865. La saponification donne l'acide (III *a*) : $E_{0,05}$ 135°; $\lambda_{max} = 218$ mμ, $\varepsilon = 10800$ ($C_{16}H_{26}O_2$, calculé %, C 76,75; H 10,47; trouvé %, C 76,63; H 10,37).

L'acide (III *a*) est cyclisé par chauffage à 70° pendant 45 mn dans l'acide formique à 99 %. On obtient : d'une part 1/3 de partie neutre lactonique (IV), $É_{0,01}$ 120°, n_D^{20} 1.5010 ($C_{16}H_{26}O_2$, calculé %, C 76,75; H 10,47; trouvé %, C 76,47; H 10,54; spectre IR : bande de γ-lactone à 1 776 cm^{-1}); la structure de cette lactone est à l'étude (4); d'autre part, 2/3 de partie acide, dont l'estérification partielle avec le méthanol sulfurique (5) permet de séparer l'ester méthyl-allo-bicyclofarnésique (V *b*), $É_{0,05}$ 95-100°, n_D^{22} 1,4853 ($C_{17}H_{28}O_2$, calculé %, C 77,22; H 10,67; trouvé %, C 77,14; H 10,80), du mélange des

(1) 19e communication sur les constituants de l'ambre gris; 18e communication : P. Dietrich, E. Lederer et D. Mercier, *Helv.*, 36, 1954, p. 705.

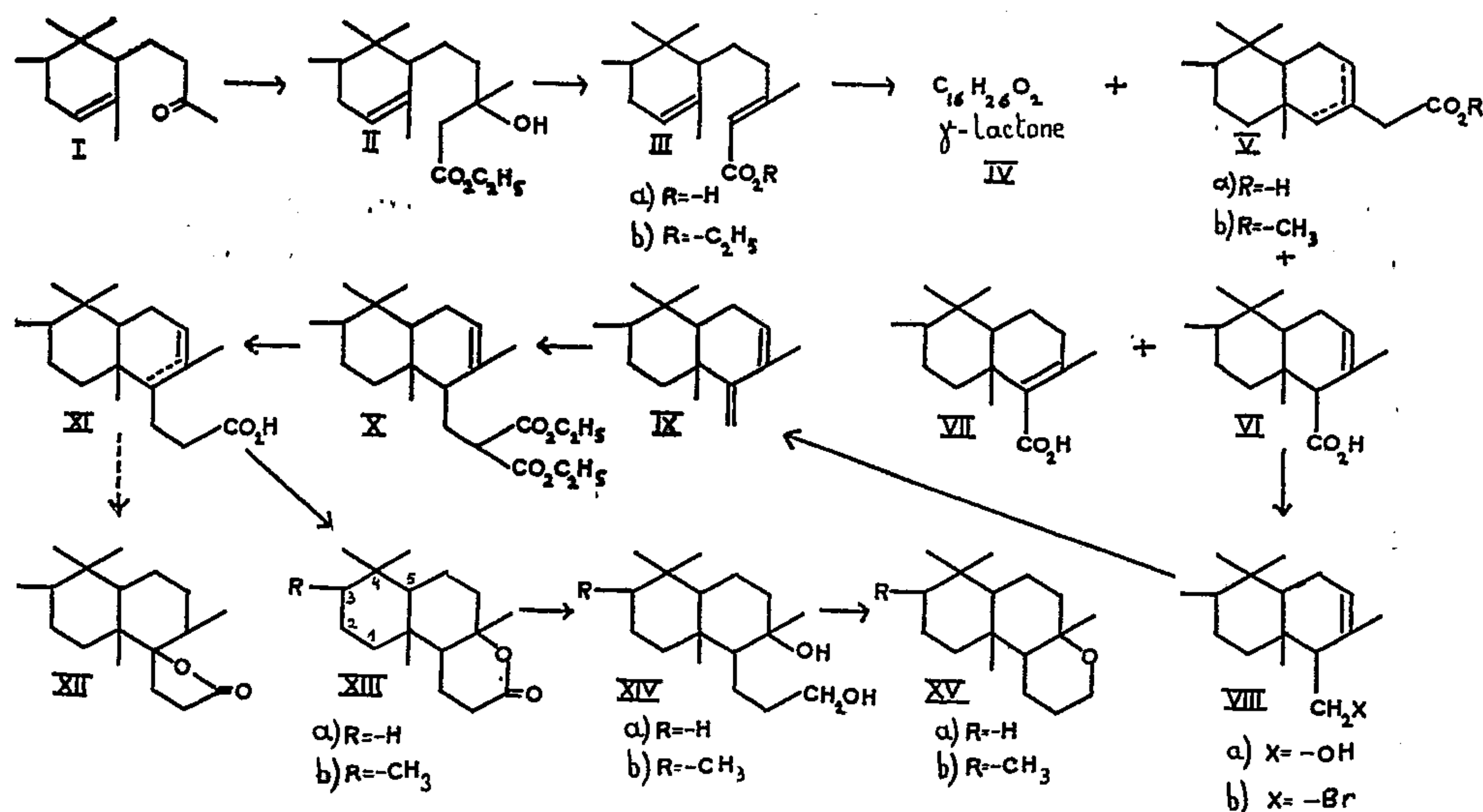
(2) C. Collin-Asselineau, E. Lederer, D. Mercier et J. Polonsky, *Bl.* 1950, p. 720; M. Hinder et M. Stoll, *Helv.*, 33, 1950, p. 1308.

(3) R. E. Wolff, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1041.

(4) Lorsqu'on cyclise l'acide dihydro-α-ionylidène-acétique, on obtient aussi une γ-lactone analogue, $C_{15}H_{24}O_2$, $É_{0,05}$ 115-120°, n_D^{20} 1.5003.

(5) A. Caliezi et H. Schinz, *Helv.*, 35, 1952, p. 1637.

acides méthyl-bicyclofarnésiques (VI et VII), difficilement estérifiables : $\text{É}_{0,05}$ 150° ($C_{16}H_{26}O_2$, calculé %, C 76,75; H 10,47; trouvé %, C 76,38; H 10,60). Par réduction du mélange de ces deux derniers acides par $LiAlH_4$, on obtient l'alcool (VIII *a*), $\text{É}_{0,1}$ 90-100°, n_D^{23} 1.5150 ($C_{16}H_{28}O$, calculé %, C 81,29; H 11,94; trouvé %, C 81,30; H 12,00); l'acide méthyl-β-bicyclofarnésique (VII) n'est pas réduit dans ces conditions [3], et est isolé à l'état pur cristallisé : F 168-170°. ($C_{16}H_{26}O_2$, calculé %, C 76,75; H 10,47; trouvé %, C 76,78; H 10,58). L'alcool (VIII *a*) est bromé, et le bromure (VIII *b*) est condensé avec le malonate d'éthyle sodé; on sépare par distillation fractionnée : 50 % de l'hydrocarbure (IX), $\text{É}_{0,1}$ 80°, n_D^{22} 1.5110; $\lambda_{max} = 235$ mμ, $\varepsilon = 11\ 700$, et 50 % du diester (X), $\text{É}_{0,05}$ 135°.



La saponification du diester (X), et la décarboxylation du diacide obtenu, fournissent un produit acide qui, après distillation sous vide poussé, se sépare en une partie neutre et une partie acide : la partie neutre (20 %) est une γ-lactone F 142-144° ($C_{18}H_{30}O_2$, calculé %, C 77,65; H 10,86; trouvé %, C 77,64; H 11,00; spectre IR : bande à 1770 cm^{-1}), qui pourrait avoir la structure (XII); la partie acide (80 %) est constituée par l'acide ou le mélange d'acides (XI) : $\text{É}_{0,05}$ 135° ($C_{18}H_{30}O_2$, calculé %, C 77,65; H 10,86; trouvé %, C 77,57; H 11,02), qui se lactonise par chauffage à 80° pendant 30 mn dans l'acide formique à 99 % : on obtient une δ-lactone, F 139-141° ($C_{18}H_{30}O_2$, calculé %, C 77,65; H 10,86; trouvé %, C 77,75; H 11,04; spectre infrarouge : bande de δ-lactone à 1730 cm^{-1}). Par analogie avec la synthèse de l'ambréinolide [3], cette lactone doit être le méthyl-ambréinolide (XIII *b*).

Par réduction de (XIII *b*) avec $LiAlH_4$, on obtient le glycol (XIV *b*), F 140-142° ($C_{18}H_{34}O_2$, calculé %, C 76,54; H 12,13; trouvé %, C 76,67;

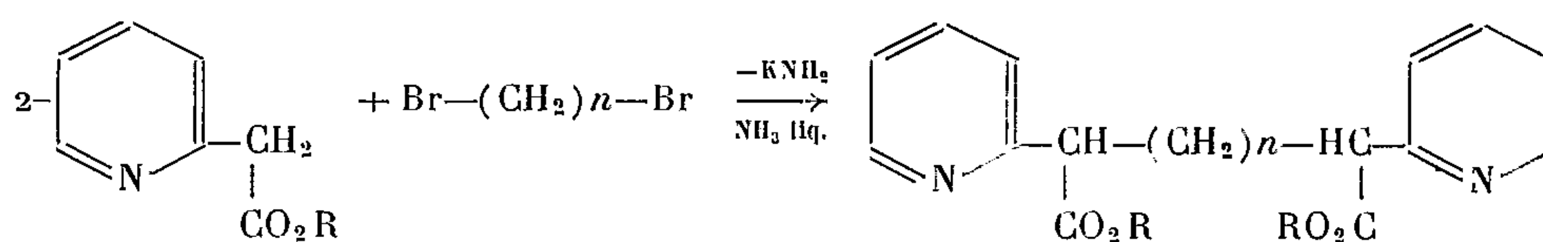
H 12,25), que l'on déshydrate par l'acide β-naphtalène-sulfonique : on obtient le mélange des deux oxydes isomères (XV*b*) ($C_{18}H_{32}O$, calculé %, C 81,75; H 12,20; trouvé %, C 81,58; H 12,39). Par chromatographie, puis recristallisation fractionnée, on sépare les deux oxydes : le premier, F 91-94°, a un spectre infrarouge possédant une bande caractéristique des oxydes à 1 090 cm^{-1}. Le deuxième oxyde a un F 64-66°; ils possèdent tous deux une odeur fruitée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Pyridylcyclohexanones.*

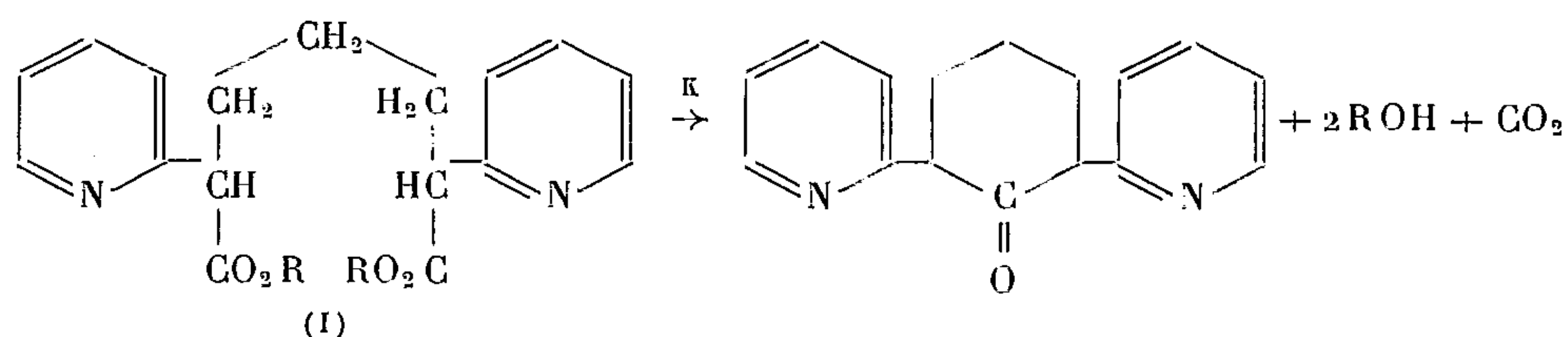
Note de MM. **Albert Funke** et **Erwin Rissi**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Par cyclisation de pyridyl-pimélates, on obtient des pyridylcyclohexanones qui, par hydrogénation, donnent des pyridylcyclohexanols.

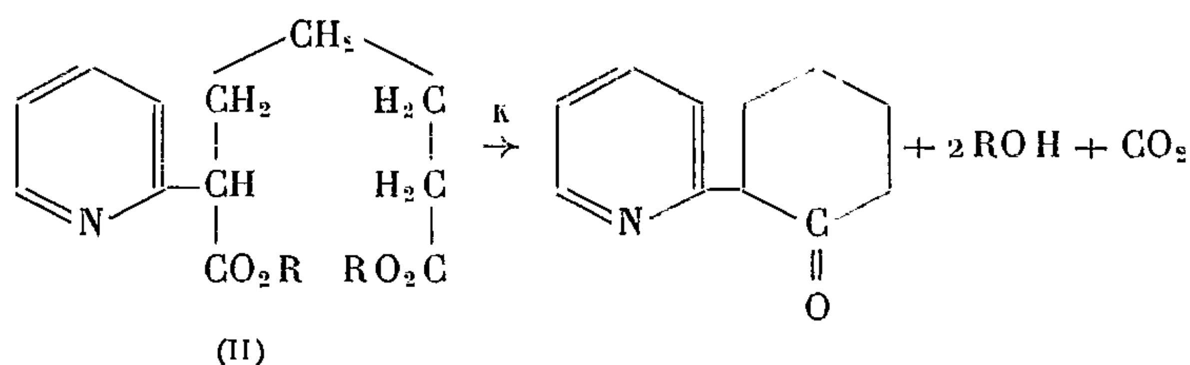
Au cours d'une étude sur la préparation des diesters aliphatiques disubstitués par la pyridine, nous avons vu la possibilité d'obtenir des pyridylcyclohexanones. Les diesters sont synthétisés par condensation de l'ester pyridylacétique avec des dibromoalcanes :



Si $n = 3$ il se forme un dipyridylpimélate qui peut être cyclisé suivant la réaction de Dieckmann :



Si à la place du bromure de triméthylène on condense l'ester pyridylacétique avec le bromo-5 valérianate de méthyle on arrive à une (2-pyridyl)-cyclohexanone-2



La fonction cétonique peut dans les deux cas être hydrogénée, par catalyse, en fonction alcoolique.

Dans le cas du (2-pyridyl)-cyclohexanol, les deux stéréoisomères ont pu être séparés par chromatographie.

Nous allons décrire brièvement la préparation de ces deux dérivés hétérocycliques.

1° Di-(2-pyridyl)-cyclohexanone-2.6. — a. *Di-(2-pyridyl)-2.6-pimélate de méthyle.* — Dans l'ammoniac liquide, on prépare de l'amidure de potassium auquel on ajoute goutte à goutte le 2-pyridyl-acétate de méthyle, suivi immédiatement du bromure de triméthylène. Les trois réactifs sont utilisés en proportions équimoléculaires. Après évaporation de l'ammoniaque, le résidu est repris dans l'éther anhydre et l'on chauffe le mélange à reflux pendant 48 h. Rdt 76 %. N % calculé 8,18, trouvé 8,02; C % calculé 66,6, trouvé 66,88; H % calculé 6,43, trouvé 6,97. Diamide F 227-229°, N % calculé 17,95, trouvé 17,72. Dihydrazide F 165-167°, N % calculé 24,58, trouvé 24,35.

b. *Di-(2-pyridyl) cyclohexanone-2.6.* — Le diester décrit précédemment est cyclisé d'après le schéma (I) en le chauffant dans le xylène en présence de la quantité équimoléculaire de potassium en poudre. L'alcool méthylique formé au cours de la réaction est constamment éliminé. Le cétoester est saponifié et décarboxylé par ébullition avec de l'acide sulfurique 5 N. $É_{0,05}$ 170-175°, Rdt 30 % : N % calculé 11,05; trouvé 11,11; C % calculé 76,25; trouvé 76,20; H % calculé 6,66; trouvé 6,35. Oxime F 114-116°; N % calculé 15,71; trouvé 15,97. Diiodométhylate F 254-256° (déc.). I % caculé 47,38; trouvé 47,24.

La cétone donne une coloration intense avec le perchlorure de fer.

En présence de nickel de Raney, en milieu alcoolique légèrement alcalin et après absorption d'une molécule d'hydrogène, la coloration avec le chlorure de fer disparaît et le test au xanthogénate est positif. Il n'a, néanmoins, pas été possible de caractériser la fonction alcoolique par acylation. La reconstitution de la molécule, suivant le modèle de Stuart, semble prouver qu'il s'agit d'un empêchement stérique. C % calculé 75,59; trouvé 75,13; H % calculé 7,09; trouvé 7,17. Dichlorhydrate F 214-215° (déc.); Cl % calculé 21,7; trouvé 21,2.

2° (2-Pyridyl) cyclohexanone-2'. — a. *(2-Pyridyl) 6-pimélate de méthyle.* — En faisant réagir le 2-pyridyl-acétate de méthyle et le bromo-5 valérianate de méthyle (1) dans les conditions décrites en 1°, on obtient le diester avec un rendement de 49 %. $É_{0,01}$ 163-165°; N % calculé 5,28; trouvé 5,60. Dihydrazide F 142-143°; N % calculé 26,42, trouvé 26,10; C % calculé 54,30, trouvé 53,96; H % calculé 7,16, trouvé 6,98.

(1) Hunsdiecker, *Berichte*, 75, 1942, p. 291.

b. (*2-Pyridyl*) *cyclohexanone-2*. — En opérant comme pour la (2-pyridyl) cyclohexanone, nous avons obtenu deux cétoesters isomères de position, l'un solide (F 83-85°), l'autre liquide. La décarboxylation fournit la cétone avec un rendement global de 30 %. La cétone donne une coloration intense avec le perchlorure de fer. $É_{0,01}$ 99-100°, N % calculé 8,00, trouvé 8,12; C % calculé 75,45, trouvé 75,83; H % calculé 7,43, trouvé 7,62. Dinitrophénylhydrazone, F 148-149°; N % calculé 19,71, trouvé 19,64.

La réduction catalytique, en milieu neutre et en présence de Nickel de Raney, conduit à deux alcools stéréoisomères, que nous avons réussi à séparer par chromatographie sur alumine. L'un, cristallisé, fond à 69-70°, C % calculé 74,55, trouvé 74,84; H % calculé 9,35, trouvé 9,12. L'autre est liquide : C % trouvé 74,14; H % trouvé 8,94.

Chacun de ces (2-pyridyl) cyclohexanols-2 forme un *p*-nitrobenzoate :

pour l'alcool de F 69-70° : F 118-119°; C % trouvé 66,19, calculé 66,20; H % trouvé 5,61, calculé 5,52;

pour l'alcool liquide : F 72-73°; C % trouvé 66,08; H % trouvé 5,61.

Le mélange des deux *p*-nitrobenzoates fond à 66-67°.

MINÉRALOGIE. — *Réactions par frittage de l'argent et du fer sur quelques minéraux sulfurés.* Note de M. **Jean Prouvost**, transmise par M. Charles Mauguin.

En comprimant, avec des minéraux sulfurés, de l'argent ou du fer métallique, on obtient après chauffage modéré (250°), en atmosphère inerte, de nouvelles phases que l'on identifie à des minéraux naturels. Le développement des transformations obtenues dans ces conditions permet de constater aussi des différences de mobilité des ions de ces métaux.

En soumettant à une forte pression des fragments de certains sulfures naturels, en contact avec du cuivre en poudre, j'ai pu montrer la mobilité remarquable de ce métal et sa grande facilité à réaliser des liaisons à l'état solide [1]. J'ai entrepris une nouvelle série d'expériences en utilisant l'argent et le fer. L'étroite parenté chimique du premier avec le cuivre, laissait présager une action analogue à celle observée précédemment; par contre, avec le fer, la réussite paraissait plus problématique, étant donnée sa place dans la classification périodique de Mendeléev.

Rien n'a été changé dans le dispositif expérimental précédent, à l'exception de la taille des fragments métalliques : les particules de fer ayant 3/100e de millimètre, celles de l'argent 15/100e. Les expériences faites à une température constante de 250° après une compression de 7 000 kg au centimètre carré ont duré 48 heures.

---

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 127.

TRANSFORMATIONS RÉALISÉES AVEC L'ARGENT. — L'argent a été fritté avec la chalcocite, la bornite, la chalcopyrite et la covellite.

Chalcocite. — La chalcocite s'est transformée en totalité comme le montrent les préparations observées au microscope métallographique polarisant. Au milieu de l'argent, apparaissent des plages grises en partie presque isotropes, mais présentant par places, entre nicols croisés, les teintes et les réflexions internes de la stromeyerite.

Ces deux espèces forment un ensemble d'aspect vermiculé. Un diagramme de rayons X effectué avec la poudre du minéral faiblement biréflectant, recueillie sous le microscope à l'aide d'une pointe, met en évidence les raies caractéristiques de l'argentite : 3,4; 3,08; 2,83 Å.

Bornite. — La bornite aussi a complètement disparu. A sa place, on observe, en section polie, deux minéraux de néoformation, l'un gris bleuté est l'argentite déjà obtenue dans le cas précédent. On la reconnaît à sa faible action sur la lumière polarisée. Les plages assez étendues qu'elle forme renferment des taches du second minéral dont l'anisotropie plus vive et la microstructure particulière « en feuille d'olivier » permettent de l'identifier à la stromeyerite.

Chalcopyrite. — Ce minéral oppose à la diffusion des ions une très grande résistance; Il est à peine entamé par le frittage avec l'argent; cependant les parties périphériques des fragments accusent nettement l'influence de l'apport d'argent. Il se forme de l'argentite qui apparaît aussi suivant des directions préférentielles telles que des cassures du minéral dues à la compression et qui ont facilité la transformation.

Covellite. — La grande facilité de la covellite à donner des composés d'addition avec différents métaux à été démontrée dans une Note précédente ([2]). En la mettant en présence de l'argent, on obtient la stromeyerite, avec un développement remarquable de la structure en feuille d'olivier. Signalons que G. H. Schwartz est arrivé au même résultat en faisant agir l'argentite sur la chalcocite dans des conditions voisines des nôtres ([3]).

TRANSFORMATIONS RÉALISÉES AVEC LE FER. — *Covellite.* — La transformation progresse peu à 250°, température relativement modérée. Néanmoins on observe, au contact de la covellite la bornite puis, au contact de cette dernière la chalcopyrite plus pauvre en cuivre. Les caractères optiques de ces deux minéraux apparaissent nettement. Le premier est isotrope de couleur rosâtre, le second, jaune, agit sur la lumière polarisée entre nicols croisés.

Bornite. — J'ai utilisé des fragments de bornite violacée qui s'identifient facilement en section polie. Le minéral se montre très perméable au fer et se transforme entièrement en chalcopyrite, déterminée par les propriétés optiques

([2]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 379.
([3]) *Economic geololy.*, 30, 1935, p. 128 et suiv.

et à l'aide des rayons X. En effet, on retrouve sur le spectre les raies à 3,3-1,86-1,59 Å.

Chalcocite. — C'est la chalcocite qui s'est révélée la plus inerte vis-à-vis du fer. La transformation progresse à la surface des fragments seulement, et une mince couche de bornite et de chalcopyrite se forme.

En résumé, comparés aux expériences faites avec le cuivre, ces essais montrent que le rôle de ce métal n'est pas absolument particulier. L'argent possède lui aussi une mobilité remarquable. Il s'introduit facilement dans le réseau de divers sulfures et donne lieu à de nouvelles espèces. Dans les mêmes conditions, le fer montre une plus grande inertie; ses déplacements nécessitent des actions plus énergiques parmi lesquelles celle de la chaleur doit être prépondérante.

Comme je l'avais déjà signalé antérieurement, les modifications que les minéraux subissent par frittage conduisent aux composés les plus stables, au prix de l'abandon d'un élément chimique en excès. On constate ainsi que la chalcopyrite a souvent tendance à se former et qu'inversement il est difficile dans de telles conditions de la transformer en une autre espèce. De même, la stromeyerite semble être un aboutissement stable du groupe d'éléments Cu, S et Ag.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence d'un accident tectonique affectant le Quaternaire de la plaine de Tamlelt (Haut-Atlas marocain oriental).* Note de M. **Renaud du Dresnay**, présentée par M. Paul Fallot.

La partie la plus orientale de la chaîne du Haut-Atlas marocain est coupée par une vaste dépression de 50 km sur 60, la plaine de Tamlelt, à substratum paléozoïque recouvert de dépôts jurassiques et quaternaires.

Ce que l'on peut connaître à l'affleurement des lignes directrices de sa structure profonde se limite à une ride hercynienne, de direction Est-Ouest dans la partie centrale de la chaîne : elle est marquée par des collines isolées formées de quartzites ordoviciens et de schistes et phtanites gothlandiens.

Mais d'autres indications peuvent être fournies par un système de failles Est-Ouest, qui bordent cette plaine de part en part sur sa limite Sud, et en sortent par le côté Est, vers la vallée de l'oued Tannezzara. Ces failles s'étendent, dans le sens Est-Ouest, depuis Aïn Chaïr jusqu'au Jebel Araira, sur une longueur de près de 80 km. Elles ont joué jusqu'à une époque très récente, puisqu'elles affectent le Quaternaire; dans la partie centrale de ce système de failles, entre Mengoub et Hezaz er Rih, elles longent le pied Nord du Jebel Soussi, où elles entaillent les cônes de déjection récents. Tant sur les photos aériennes que sur le terrain, l'escarpement de faille est bien visible : la croûte calcaire est entaillée et le rejet, à regard Nord, y atteint 2 à 5 m. L'ensemble dessine un système de failles curvilignes se relayant. Certains paquets

de Primaire et de Lias sont coincés en direction tectonique aberrante, entre deux branches de ce réseau, ce qui indique l'ancienneté de cet accident : l'ensemble se raccorde à l'Est au système de faille du Jebel Araira et du Jebel Maïz. C'est donc la trace, dans le Quaternaire du Tamlelt, d'un important accident longitudinal.

Il faut probablement attribuer à cet accident l'existence du seuil qui barre l'écoulement de la plaine de Tamlelt vers le Sud, écoulement qui jusqu'à une époque récente, peut-être même jusqu'au moment où a eu lieu le dernier rejeu, se faisait dans la direction Sud-Sud-Ouest, par Hassi Timenkar et le cirque de Saf-saf de Gara Mellah, et qui actuellement se fait vers l'Ouest par Aïn Chaïr et l'oued Zelmou. Ce système de failles a d'ailleurs probablement joué un rôle dans le captage et le drainage des eaux du Tamlelt vers la source d'Aïn Chaïr.

Un tel système de failles ayant joué au Quaternaire récent est conforme à ce que l'on connaît ailleurs dans la Berbèrie, où des mouvements quaternaires ont été signalés tant en Algérie qu'au Maroc, et ont été récemment reconnus sur le flanc Sud du Haut-Atlas, dans le prolongement Ouest de cette même zone (1).

PHYSIOLOGIE. — *Aperçus nouveaux sur la physiologie des glucides, déduits de leur activité différente vis-à-vis de l'utilisation du calcium.* Note de M. **Paul Fournier**, présentée par M. Robert Courrier.

Selon la nature des glucides incorporés au régime, le Rat en croissance utilise le calcium dans des proportions très différentes. Le glucose, le saccharose, le maltose, l'amidon ne permettent qu'une utilisation médiocre. L'administration, en faible proportion, de lactose, de *d*-galactose, de *d*- ou *l*-xylose, de *d*- ou *l*-arabinose, provoque une élévation considérable des coefficients d'utilisation du calcium.

Le lactose, et, dans certaines conditions d'emploi, le galactose, améliorent l'utilisation du Ca (1). L'analogie de structure entre le galactose et le xylose, leur pouvoir commun de provoquer, à haute dose, la cataracte (2), nous conduisent à rechercher si le xylose favorise aussi l'utilisation de Ca.

Des rats albinos de 50 g sont répartis en cinq lots de six animaux. Ceux du lot I reçoivent à volonté un régime témoin dont la composition centésimale est la suivante : amidon 85,5; huile d'arachide 8; levure sèche 3; mélange salin (1) 3, O_2Ti 0,5. Les régimes des autres lots ne diffèrent du précédent que par la substitution : de 12 % de lactose (lot II), de 12 % de saccharose (lot III),

(1) J. Margat, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1731.

(1) P. Fournier, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 304.

(2) W. Darby et L. Day, *J. biol. Chem.*, 133, 1940, p. 503.

de 15 % de *d*-xylose (lot IV) ou de 20 % de glucose (lot V) à des proportions équivalentes d'amidon.

Dès le 3e jour d'expérience, les fèces et les urines sont recueillies séparément; leur teneur en Ca est déterminée. Les glucides sont dosés dans les urines d'après le pouvoir réducteur et rotatoire. Les quantités journalières moyennes de Ca ingéré et retenu, de xylose ingéré et urinaire, les coefficients d'utilisation correspondant à ces valeurs sont consignés dans un tableau.

		Ca (en mg.)		xylose (en g.)		Coef. utilisation en (%.)	
Lot.	Régime.	ingéré.	retenu.	ingéré.	urinaire.	Ca.	xylose.
I.....	témoin (amidon)	42	14,8			35,2	
II....	lactose 12%	43,2	29,4			68	
III....	saccharose 12%	39	14,4			37	
IV....	*d*-xylose 15%	32,4	23,5	0,81	0,34	72	58
V.....	glucose 20%	38,4	13,9			33,6	

L'utilisation de Ca dépend de la nature du glucide ingéré : l'amidon, le saccharose, le glucose (lots I, III, V) sont peu efficaces. Par contre le lactose et le *d*-xylose (lots II et IV) sont très actifs. Notons que près de la moitié du xylose ingéré est éliminé par l'urine, ce qui doit correspondre, comme dans le cas du galactose ([1]), à l'utilisation préférentielle de l'une des formes isomériques, vraisemblablement, la forme β.

Par comparaison avec le glucose, les aptitudes physiologiques du *d*-xylose ont jusqu'ici été jugées très médiocres : il n'est pas fermentescible par la levure, il n'est utilisé que par un nombre restreint d'espèces bactériennes, il ne donne pas de glycogène ([3]); à forte dose il est toxique. Aussi l'activité remarquable du xylose sur l'utilisation de Ca, très supérieure à celle du glucose, doit-elle être soulignée.

La parenté chimique entre le galactose et le xylose suffit-elle à expliquer leur efficacité commune vis-à-vis de l'utilisation du Ca ? Pour le savoir, divers pentoses ont été essayés dans les mêmes conditions que précédemment. Les rats du lot I reçoivent le même régime témoin à base d'amidon. Les régimes des autres lots ne diffèrent du premier que par la substitution, à une même proportion d'amidon, de 15% de l'un des glucides suivants : maltose (lot II), *l*-xylose (lot III), *d*-arabinose (lot IV), *l*-arabinose (lot V). Les résultats journaliers moyens sont consignés dans un deuxième tableau.

Ainsi ces pentoses (lots III à V) sont tous beaucoup plus actifs, vis-à-vis de l'utilisation de Ca, que ne le sont l'amidon et le maltose (lots I et II). Notons qu'à l'encontre de ce que nous constatons avec le galactose et le *d*-xylose, le *l*-xylose et les arabinoses sont presque complètement utilisés.

([3]) M. Miller et H. Lewis, *J. biol. Chem.*, 98, 1931, p. 133.

		Ca (en mg)		Ose (en g)		Coef. utilisation (%)	
Lot.	Régime.	ingéré.	retenu.	ingéré.	urinaire.	Ca.	Ose.
I.......	témoin (amidon)	36	9,3			26	
II......	maltose	33,6	9,3			28	
III.....	*l*-xylose	33	19,5	0,82	0,056	57,5	93
IV......	*d*-arabinose	31,8	14	0,79	0,06	44	92
V......	*l*-arabinose	30	18,9	0,76	0,05	63	94

L'ensemble des résultats relatifs au degré d'activité de différents glucides sur l'utilisation de Ca nous permet de les séparer en deux groupes fonctionnels distincts. Un premier groupe est celui du glucose, du fructose et des glucides apparentés, amidon, maltose, saccharose, glucides énergétiques, pourvoyeurs de glycogène. A un second groupe appartiennent le lactose, le galactose, et en outre divers pentoses : *d*- et *l*- xyloses, *d*- et *l*- arabinoses dont l'activité se manifeste de façon semblable dans le sens de l'ossification. Du fait de cette action sur l'animal, on est conduit à considérer les termes de ce second groupe comme des glucides de structure. Curieusement, la plupart d'entre eux sont aussi des éléments structuraux des membranes végétales puisque, condensés sous la forme de xylanes, d'arabanes et de galactanes, ils participent abondamment à la constitution des cellulosanes, des diverses hémicelluloses et des matières pectiques.

Nous avons vu aussi que, dans certains cas, seul l'isomère β d'un ose intervenant favorablement sur l'os possède un rôle structural. Cette constatation prend de l'intérêt en considérant que les composés structuraux les plus répandus et les mieux connus : cellulose et xylane des Végétaux, chitine des Arthropodes, sont tous de la forme β.

PHYSIOLOGIE. — *Action d'un régime riche en chlorure de sodium sur le poids des glandes surrénales du Rat blanc en période de croissance.* Note de Mme **Jeanne Leschi**, présentée par M. Léon Binet.

L'action du chlorure de sodium sur le développement des glandes surrénales a été mise en évidence de la façon suivante. Deux lots de rats mâles de souche Wistar ont été soumis à deux régimes différents; le régime A, pauvre en sel se composait de blé (87), de caséine (10), d'huile de foie de morue (2), de carbonate de calcium (1) et comme boisson d'eau distillée. Le régime B comprenait du blé (83), de la caséine (10), de l'huile de foie de morue (2), du chlorure de sodium (2), du carbonate de calcium (1) et du bicarbonate de sodium (2) avec, comme boisson, de l'eau salée à 1 % ([1]), ([2]). L'expérience a

(1) H. H. Mitchell and G. G. Carman, *J. Biol. Chem.*, 68, 1926, p. 165.

(2) H. H. Miller, *J. Biol. Chem.*, 70, 1926, p. 759.

duré de la fin de la période d'allaitement, 3e semaine environ, jusqu'à l'âge de 2 à 2 mois et demi.

Le rapport poids des surrénales (mg) × 100/poids du corps a été calculé.

Une première série d'animaux (janvier-mars) donne les résultats suivants :

$$\text{Lot A } (n = 15) = 19,20 \pm 0,58,$$
$$\text{Lot B } (n = 19) = 21,21 \pm 1,26.$$

Pour une deuxième série (avril-juin) on obtient les valeurs suivantes :

$$\text{Lot A } (n = 10) = 15,60 \pm 0,63,$$
$$\text{Lot B } (n = 9) = 18,77 \pm 1,49.$$

On note d'après ces chiffres que les animaux examinés au printemps ont des poids de surrénales plus faibles que ceux des animaux examinés en hiver. Les variations saisonnières sont ici évidentes. D'autre part, pour chaque série le poids des surrénales du lot A est moins élevé que le poids des surrénales du lot B. Sur l'ensemble des 53 rats examinés nous avons élaboré les résultats par le test de Student.

$$\text{Lot A } (n = 25) = 17,76 \pm 0,56.$$
$$\text{Lot B } (n = 23) = 20,43 \pm 0,98.$$
$$t = 2,37.$$

Un régime salé entraîne donc chez le Rat blanc une augmentation du poids des surrénales. F. Biavati (3), sur des rats adultes soumis à un régime pauvre en chlorure, note au contraire une hypertrophie des reins et des surrénales, mais cet auteur n'opère que sur deux animaux, et non en période de croissance. Chez des rats adultes aussi, soumis pendant quatre semaines à un régime salé, Eichner (4), au contraire, donne des poids de surrénales supérieurs à ceux obtenus par un régime sans sel. Mais cet auteur, étudiant les variations des zones glomérulaire et fasciculée ne s'est pas attardé à ce fait.

Nos résultats portant sur l'action du sel sur le poids des surrénales pendant la période de croissance du Rat blanc nous paraissent donc d'un certain intérêt. Nous nous proposons de rechercher sur des rats hypophysectomisés si cette action se fait de façon indirecte par l'intermédiaire de l'hypophyse ou si le tissu surrénalien se montre sélectivement sensible à l'action directe du chlorure de sodium.

---

(3) *Arch. Vet. Ital.*, 2, 1951, p. 177-184.

(4) *Zeitschrift für Zellforschung*, 38, 1953, p. 488-500.

ENDOCRINOLOGIE. — *Analyse de l'effet stimulant des gonadotrophines de Mammifères sur la reproduction des Daphnies.* Note (*) de M. **Georges Čehović**, transmise par M. Robert Courrier.

Après avoir analysé le rôle des facteurs externes dans nos expériences sur l'effet stimulant des gonadotrophines de Mammifères sur la reproduction des Daphnies, nous avons fixé une méthode de travail qui nous permet de poursuivre cette analyse et de mettre mieux en évidence l'effet propre de l'hormone.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons exposé l'effet stimulant des gonadotrophines des Mammifères sur la reproduction des Daphnies.

Pour mieux éliminer les variations dues aux facteurs externes déjà analysées par M. von Dehn ([2]) et Cl. Mortimer ([3]), nous avons procédé de la façon suivante:

Nous mettons les flacons contenant des Daphnies dans un appareil réglé à 20° C. Nous éclairons pendant 8 h par jour. Nous faisons passer un courant constant d'air comprimé. Cet air entre dans l'eau de la cuve à l'intérieur de laquelle sont placés les flacons, le niveau d'eau étant de 5 cm. Comme nourriture, nous utilisons une culture pure de *Scenedesmus crassus* de concentrations connues. Dans une série d'expériences, nous avons pu confirmer les données de E. Flückiger ([4]) et de A. Pacaud ([5]) sur la possibilité de vie des Daphnies dans des solutions synthétiques. Les Daphnies vivaient dans les solutions proposées par ces auteurs. En ajoutant des hormones gonadotrophes dans ces solutions, le chiffre des jeunes pondus était plus élevé par rapport au contrôle, dans lequel nous avions ajouté les mêmes quantités d'hormone inactivée par la chaleur à 60° C pendant une heure.

Dans des concentrations de 0,4 unité par centimètre cube du milieu, la moyenne des jeunes pondus (par Daphnie en 5 jours) était à peu près le double par rapport au contrôle.

Le chiffre total des jeunes pondus dans ces solutions synthétiques, et pratiquement stériles, (avec *Scenedesmus* comme nourriture) était cependant très bas, les pontes très espacées, le pourcentage des mâles plus grand et la mortalité très élevée.

En ajoutant à la solution de Pacaud, tamponnée à pH = 7,4, de l'eau du lac de Vincennes ou de la Mare aux Éléphants du Zoo (25 à 30 %), nous avons observé

(*) Séance du 6 septembre 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 363.

([2]) *Zt. vgl. Physiol.*, 13, 1930, p. 334-358.

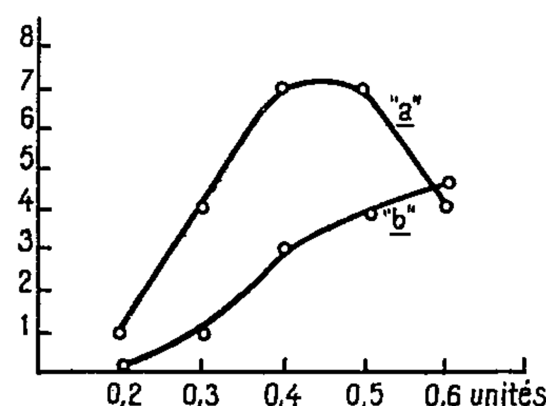
([3]) *Zool. Jahrbücher*, 56, 1936, p. 324.

([4]) *Beitrage zur Verwendung von Daphnia als Pharm. Testobjekt*, *Thèse* n° 2090, Zürick, 1952.

([5]) *Contribution à l'écologie des Cladocères*, suppl. 25, *Bull. Biol. Fr. Bel.*, 1939.

une amélioration de la survie et de la reproduction. Nous avons obtenu un effet stimulant de l'hormone encore plus net.

Le tableau ci-dessous représente en deux courbes la variation des moyennes des jeunes pondus (par Daphnie en 5 jours) dans des concentrations de 0,2, 0,3, 0,4, 0,5 et 0,6 unités/cm³ du milieu.



La courbe « *a* » représente les moyennes obtenues avec l'hormone intacte, et la courbe « *b* » avec l'hormone chauffée 30 mn à 60° C. En ordonnée est portée la moyenne des jeunes pondus par Daphnie en cinq jours, et en abscisse les concentrations d'hormone.

Dans l'expérience suivante, nous avons pris quatre groupes de Daphnies. Dans le premier groupe, nous avons ajouté l'hormone intacte (0,4 unité), dans le second l'hormone partiellement inactivée de l'expérience précédente, dans le troisième la même quantité d'hormone bouillie dans de l'eau à 100° C pendant 30 mn. Le quatrième groupe était sans hormone. La moyenne des jeunes par Daphnie en cinq jours était respectivement de : 2,5; 1,8; 1,3 et 0,5 par groupe.

Envisageant l'influence du système filtrant des Daphnies sur leur alimentation, on peut supposer que, dans ces milieux pauvres en protéines, l'hormone coagulée par la chaleur pourrait avoir l'effet d'un apport alimentaire. S. Gellis et G. Clarke [6], ainsi que A. Pacaud [5], relatent que les substances dissoutes sont sans utilité pratique comme nourriture. Au contraire, les substances colloïdales peuvent être utilisées.

La différence de l'effet de la stimulation avec les mêmes doses de diverses préparations d'hormone, observée dans nos expériences pourrait être due, entre autres causes, à la quantité d'impureté de ces préparations surtout dans les contrôles.

Une des causes pourrait encore être le manque de précision des dosages actuellement utilisés par rapport à cette sensibilité des Daphnies aux petites variations d'hormone.

Tenant compte de ces observations, nous avons entrepris de fixer une unité biologique de Daphnie.

([6]) *Physiol. Zool.*, 8, n° 2, 1935, p. 127.

Dans l'appareil décrit, et dans les conditions précitées, nous utilisons la solution de Pacaud, tamponnée à pH 7,4, à laquelle nous ajoutons 0,3 % du sérum de lapine castrée inactivée par la chaleur (à 60° C). On ajoute ensuite la culture pure de l'algue *Scenedesmus crassus* (500 000 par centimètre cube). Nous prenons 12 groupes de quatre Daphnies (*Daphnia magna* Straus) d'une souche et du même âge. Chaque groupe de quatre Daphnies est placé dans un verre de 40 cm³ avec 30 cm³ de solution. Dans les premiers six groupes, nous ajoutons en six concentrations consécutives des solutions d'hormone, et aux six groupes de contrôle, la même quantité de solution sans hormone. Nous estimons comme « unité Daphnie » la concentration d'hormone par centimètre cube du milieu qui donne, dans ces conditions, un accroissement double de la moyenne du chiffre des jeunes pondus par Daphnie en 5 jours, par rapport au contrôle sans hormone.

ENDOCRINOLOGIE. — *A propos de l'influence trophique du Télencéphale sur les glandes sexuelles*. Note de MM. **René Patay** et **André du Chalard**, présentée par M. Léon Binet.

Chez les Poulets des deux sexes, des lésions télencéphaliques profondes déterminent un arrêt du développement génital chez le jeune, une atrophie des gonades chez l'adulte, particulièrement lorsqu'elles sont bilatérales et portent sur la partie postérieure des hémisphères.

Ceni (1), (2), (3), par ablation d'un hémisphère ou lésions bilatérales du Télencéphale a obtenu des arrêts de développement ou des atrophies des gonades chez des Poulets et Pigeons des deux sexes, jeunes et adultes. Certains de ses résultats (par exemple : Fécondation par Coq mourant de cachexie avec testicules de 390 mg) paraissant cependant surprenants.

Beach (4) a repris la question sur Pigeons mâles, mais sa conclusion faisant du Télencéphale un « facilitating agent in masculine behaviour » nous paraît en dessous de la vérité. L'absence de contrôle histologique empêche, en outre, toute comparaison.

Au cours de précédentes recherches (5) sur la Vision télencéphalique chez *Gallus gallus* (L.), nous avions constaté un défaut d'apparition du comportement et des caractères sexuels secondaires chez trois coqs de race Leghorn avant subi l'ablation de l'hémisphère gauche à l'âge de 105 jours. Sacrifiés à 165 jours, ils présentèrent des testicules minuscules alors que les témoins et quatre coqs

(1) *Arch. Ital. de Biol.*, 48, 1907, p. 49-66.
(2) *Riv. sper. di Fren.*, 35, 1909, p. 1-39.
(3) *Riv. sper. di Fren.*, 38, 1912, p. 213-290.
(4) *Behaviour*, 4, part. I, 1952, p. 36-59.
(5) *Bull. Soc. Scient. Bretagne*, 26, 1951, p. 76-80.

opérés au même âge et de la même façon (deux à droite et deux à gauche) avaient des gonades normales et fonctionnelles.

Ceni et Beach ne font pas mention de l'épiphyse. D'autre part, le hasard a voulu que, dans les deux cas où nous avions observé un arrêt de développement sexuel, il nous fut impossible de retrouver sur nos coupes de contrôle la glande pinéale, arrachée soit à l'opération, soit à la dissection.

Considérant le rôle accordé à cette glande ([6]), nous avons voulu reproduire l'arrêt du développement sexuel chez les sujets impubères et sa régression chez l'adulte par des lésions télencéphaliques respectant rigoureusement l'épiphyse.

De nos premières expériences, effectuées sur 24 poulets Leghorn blancs des deux sexes, adultes et impubères, nous pensons pouvoir tirer quelques conclusions que nous nous efforcerons ultérieurement de préciser :

1° Nos expériences, confirmant celles de Ceni, indiquent que certaines lésions purement télencéphaliques provoquent un arrêt de développement sexuel chez le Poulet impubère et une régression des gonades chez l'adulte. L'hémisphérectomie unilatérale, toutefois, ne nous a pas donné ce résultat dans tous les cas (*contra* Ceni).

2° Dans les ablations bilatérales partielles, l'action « stérilisante » n'est pas en rapport avec l'étendue des lésions, mais avec leur localisation. Sur huit animaux attaqués par la région antérieure de deux hémisphères, deux seulement présentèrent une atrophie des gonades, mais le contrôle histologique montra que le curettage avait largement dépassé la ligne médiane. Sur douze animaux attaqués par la région occipitale, deux seulement eurent un développement sexuel normal, mais l'ablation ne portait que sur l'hyperstriatum dorsal de chaque côté et sur le néostriatum caudal gauche, les dix autres ayant subi une destruction de toute (ou presque toute) la portion des hémisphères postérieure et susjacente à la commissure antérieure.

En attendant de pouvoir localiser d'une façon plus précise la zone télencéphalique « génito-trophique » et de savoir si son action est directe (et nerveuse) ou indirecte (et hormonale), il peut être noté que, sur 18 glandes pinéales présentant des cellules claires 13 appartenaient à des animaux « stérilisés », tandis que, sur sept glandes à cellules finement granuleuses, cinq provenaient d'animaux en cours d'évolution ou en activité sexuelle.

L'hypophyse, restée adhérente au diencéphale dans 19 cas, est apparue comme assez étroitement en rapport avec l'état des gonades, sauf dans un cas de femelle en ponte et dans un cas d'atrophie testiculaire.

Sur 31 poulets opérés, trois seulement ont dû être gavés jusqu'à leur dernier jour, tous les autres ayant plus ou moins rapidement récupéré la faculté de trouver et de prendre leur nourriture. Parmi ceux-ci, trois restèrent cependant toujours indifférents aux gestes de menace.

([6]) *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 498.

Sur les trois animaux gavés, l'un a évolué normalement du point de vue des gonades mais les deux autres présentèrent à la fois un arrêt de développement sexuel et de la cachexie.

NUTRITION. — *Essai d'interprétation de l'action protectrice de la choline vis-à-vis de la toxicité de l'association alimentaire « acides gras libres + cholestérol ». I. Rôle des esters du cholestérol.* Note (*) de Mme **Jeanine Raulin** et M. **Raymond Jacquot**, présentée par M. Robert Courrier.

Incorporés au régime du Rat, les esters du cholestérol préparés à partir des acides gras isolés de l'huile de tournesol ont la même efficacité pour la croissance que le mélange « acides gras libres + cholestérol + choline », contrairement à l'association « acides gras libres + cholestérol » qui se montre très toxique.

Le rôle de la choline, donnée en supplément de l'association alimentaire « acides gras libres + cholestérol » (toxique pour le jeune rat blanc), consiste à stimuler la croissance et à supprimer les troubles pathologiques hormis la stéatose. Nous avons précédemment signalé ces observations (1). Les faits acquis peuvent ainsi se résumer :

Action indifférente		*Action toxique*
	CHOLESTÉROL	
	+	
Triglycérides		Acides gras libres
Acides gras libres + choline		

En eux-mêmes, les acides gras libres ont une efficacité, pour la croissance du Rat, identique à celle de l'huile complète dont ils sont issus. Nous étions conduits à admettre une équivalence : « choline = glycérol », valable quant aux effets des régimes administrés. Cette hypothèse est difficilement vérifiable, car le glycérol ajouté au régime n'est pas utilisé pour la synthèse intestinale des glycérides (2), (3). De fait, l'association alimentaire « glycérol + acides gras libres + cholestérol » demeure toxique, tant du point de vue mortalité précoce (55 % de morts la première semaine d'expérience) qu'en ce qui concerne les accidents décrits (incidence de la cataracte : 10 %).

Pour expliciter le rôle protecteur de la choline, on peut également supposer que cette « vitamine » estérifie les acides gras ingérés à l'état libre et qu'une telle

(*) Séance du 13 septembre 1954.

(1) J. Raulin, *Arch. Sci. Physiol.*, 8, 1954, p. 1-27, 107-151 et 195-225.

(2) R. Reiser, M. J. Bryson, M. J. Carr et K. A. Kiuken, *J. Biol. Chem.*, **194**, 1952, p. 131.

(3) M. Buensod, P. Favarger et R. A. Collet, *Helv. physiol. pharm. Acta.*, **11**, 1953, p. 45-48.

estérification va à l'encontre de la formation des esters du cholestérol. Cette nouvelle hypothèse postulait la toxicité de ces derniers. C'est ce que nous avons voulu vérifier. A partir des acides gras totaux isolés de l'huile de tournesol, nous avons préparé des esters du cholestérol dans le rapport : 15 acides gras (A. G.) pour 3 cholestérol (indice de neutralisation moyen environ 140), rapport utilisé dans nos précédents essais. Une telle estérification, non équimoléculaire, se fait, *in vitro*, selon les lois de la statistique, ce qui exclue l'estérification préférentielle de tel ou tel acide gras présumé toxique en présence du cholestérol libre.

Selon les lots, le cholestérol libre (amorphe) et les acides gras libres (à raison de 3 cholestérol pour 15 A. G.) ou les esters de cholestéryle (quantité correspondante) sont ajoutés au régime de base suivant : sucre 48 g, caséine délipidée et dévitaminée 30 g, sels 5 g, cellulose 2 g, choline 50 mg, vitamines E, B_1, B_2, B_6, PP 2 mg, acide pantothénique 4 mg, acide folique 0,1 mg, biotine 0,02 mg, inositol 20 mg, vitamine K 0,5 mg, vitamines A et D sous forme de concentré huileux 2 gouttes par semaine et par animal. Les rats (37 g au départ) sont répartis en 4 lots de 8 animaux ainsi composés :

Lot A : Régime de base + A. G. isolés du tournesol + cholestérol.

Lot B : Régime A + 1 % de chlorure de choline.

Lot C : Régime de base + esters du cholestérol.

Lot D : Régime C + 1 % de chlorure de choline.

Le régime du lot A, semblable à celui de nos essais antérieurs, se montre très toxique : dès le 8e jour le taux de mortalité atteint 50 %. Par contre, les régimes des lots B, C, D sont parfaitement satisfaisants tant du point de vue état général (aucune mortalité) que croissance. Les variations de poids par lot entier (tenant compte des décès) et par rat survivant sont les suivantes :

	Gains de poids (g).			
	8e jour.		21e jour.	
	Lot entier.	Rat survivant.	Lot entier.	Rat survivant.
Lot A............	−110	+10	+ 67	+54
» B............	+220	+27	+663	+83
» C............	+210	+27	+579	+73
» D............	+215	+27	+599	+75

Il y a équivalence d'efficacité alimentaire, du moins pour les débuts de la croissance du Rat, entre les trois rations :

A. G. libres + cholestérol + choline,

Esters du cholestérol,

Esters du cholestérol + choline,

et ce caractère commun est à l'inverse de la toxicité du régime :

A. G. libres + cholestérol.

Nous pouvons donc conclure à la parfaite inocuité des esters du cholestérol et des acides gras totaux de l'huile de tournesol. Cette absence d'effet nocif a été, d'autre part, contrôlée en administrant au Rat, au taux de 15 % du régime, les mêmes acides gras esterifiés par une quantité équimoléculaire de cholestérol : 278 g A. G. pour 386 cholestérol.

Le postulat de notre hypothèse de départ n'est pas admissible. La toxicité du mélange « acides gras libres + cholestérol » ne s'explique pas par la formation d'esters de cholestéryle, étant donné leur tolérance parfaite. Le caractère toxique de la surcharge de cholestérol semble lié à la présence d'acides gras libres puisque l'estérification par le glycérol ou par le cholestérol la rend inoffensive. On peut dès lors penser que c'est par un mécanisme analogue (formation d'esters) que s'explique le rôle protecteur de cet autre alcool : la choline.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Structure submicroscopique de l'amidon : I. Mise en évidence, au microscope électronique, de différents éléments structuraux, après dispersion aqueuse du grain à diverses températures.* Note de MM. **André Guilbot** et **Gustave Levavasseur**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Les résultats de l'examen du grain d'amidon au microscope électronique, rapportés par E. A. Roberts (1) et M. D. Southwick (2), sont en accord avec l'hypothèse de l'existence d'une structure submicroscopique (3). D'autre part, les observations de A. Frey Wissling (4) le conduisent à admettre une structure amicroscopique de l'amidon.

Par la préparation extemporanée des dispersions d'amidon pour éviter les réarrangements, par la cryodessiccation (5), (6) pour éliminer les artéfacts dus au séchage à des températures même voisines de 0° C, nous avons pu observer des éléments de structure submicroscopique du grain d'amidon et mettre en évidence des membranes.

Les amidons de blé et de pomme de terre, chauffés, en suspensions très diluées, à des températures variant de 35 à 140° C ont présenté les aspects successifs suivants :

Il se produit d'abord un début de dispersion tangentielle du grain, et des fissures radiales distantes d'environ 1 μ (*fig.* 1). Des enveloppes se détachent, pouvant avoir plus de 1 mm de longueur, 10 μ de largeur, et moins de 60 Å

(1) *Amer. Bot.*, 31, 1944, p. 11.
(2) *Thèse*, Vassar Collège, Poughkeespie, 1948.
(3) *Voir* J. A. Radley, *Starch and its derivatives*, Londres, 1953, p. 59-60.
(4) *Experientia*, 8, 1952, p. 101.
(5) R. W. G. Wyckoff, *Science*, 104, 1946, p. 36.
(6) R. C. Williams, *Exp. Cell. Res.*, 4, 1953, p. 188.

d'épaisseur. Des granules d'une dimension de 1 μ à une fraction de μ (*fig.* 2) sont disposés à l'intérieur des mailles d'une sorte de réseau.

Quand on élève la température, les mailles gonflent, les granules sont libérés. Le réseau apparaît formé d'anneaux accolés, constitués de petites enveloppes

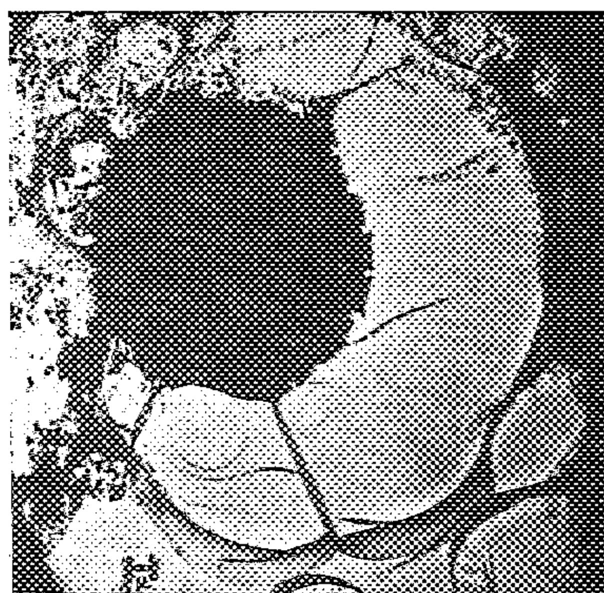


Fig. 1.



Fig. 2.

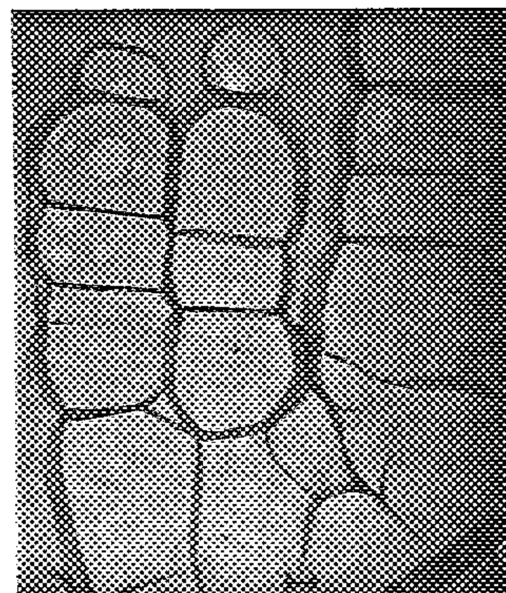


Fig. 3.

enroulées en spirale (*fig.* 3); ces anneaux se rompent et les enveloppes se déroulent libérant une substance finement granulaire et réticulée (*fig.* 4). Lorsque les granules se disloquent, on observe soit des faisceaux d'aiguilles réunis en un réseau enrobant une substance granulaire fine (*fig.* 5), soit des

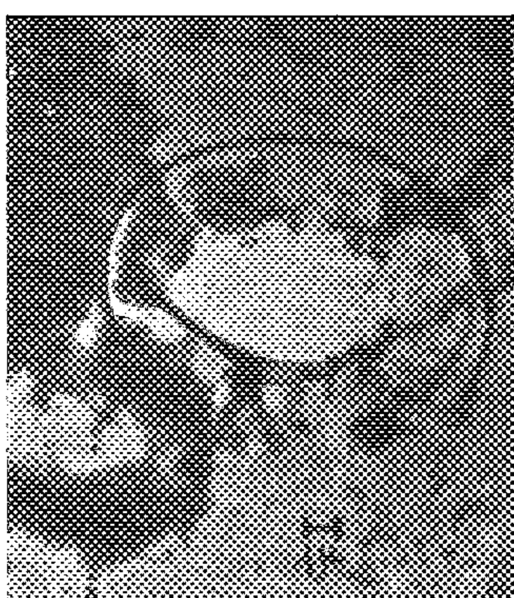


Fig. 4.

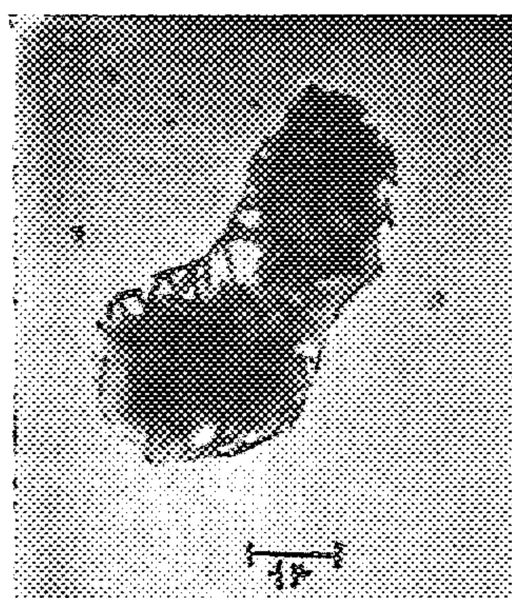


Fig. 5.

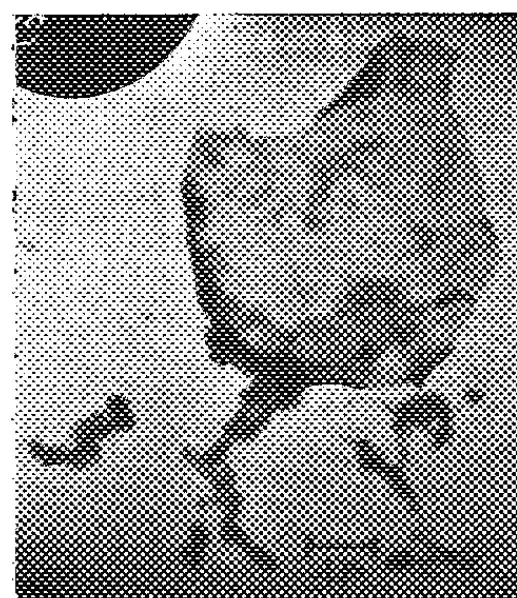


Fig. 6.

vésicules éclatées libérant une substance granulaire avec des microgranules d'environ 1000 Å (*fig.* 6).

En augmentant la dispersion par autoclavage vers 140° C, on observe des filaments ramifiés de substance granulaire fine enrobant des fragments de 500 à 700 Å et des particules allongées d'environ 150 Å; on retrouve encore des parties d'enveloppes et des fractions incomplètement dispersées. Ce mode

de « solubilisation » ne permet donc pas d'obtenir une séparation complète de l'« amylose » et de l'« amylopectine », W. B. Bechtel (7).

Les amidons de riz, de maïs, de maïs cireux et de pois ridés libèrent, à des températures de dispersion plus ou moins élevées, des éléments similaires à ceux des amidons de Blé et de Pomme de terre. Ces éléments se retrouvent, du reste, aussi bien dans des préparations issues de dispersions globales, que dans celles provenant du liquide et du culot obtenus après centrifugation de la dispersion.

Les grains provenant de suspensions à température ordinaire, offrent une faible pénétration aux électrons, mais subissent parfois l'attaque de ceux-ci et présentent alors un artefact de structure alvéolaire.

Des coupes sont entreprises pour étudier l'organisation, dans le grain d'amidon, des divers éléments structuraux.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La synthèse du glycogène dans les leucocytes.*

Note de M. **François Meyer**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Le glycogène synthétisé dans les leucocytes à partir du glucose est déposé sous forme d'un complexe protéique. On ne sait pas si la combinaison avec les protéines précède ou suit la polymérisation du glucose.

L'hypothèse de Wajzer (1), suivant laquelle le glycogène est synthétisé dans la cellule sous forme d'un complexe protéique insoluble — le desmoglycogène de Willstätter (2) — semble incompatible avec la synthèse *in vitro* de glycogène soluble obtenue par certains auteurs. Nous avons essayé de déterminer quelle est la forme du glycogène qui apparaît la première, au cours de la synthèse. Dans les coupes de foie et dans le diaphragme isolé, la dégradation du glycogène est souvent plus rapide que la synthèse. Or, d'après Wajzer, la dégradation des réserves de glycogène (constituées de desmoglycogène) est précédée d'une libération de glycogène soluble (lyoglycogène de Willstätter), ce qui empêche de suivre l'augmentation éventuelle du rapport desmoglycogène/lyoglycogène qu'entraînerait la synthèse. Nous nous sommes adressé alors aux leucocytes, qui, d'après Willstätter et Rohdewald (3), synthétisent facilement du glycogène. On peut les équilibrer avec une atmosphère contenant plus ou moins d'oxygène, ce qui a pour conséquence une intensité variable de la dégradation du glycogène et par suite une libération variable de lyoglycogène.

(7) *Cereal Chem.*, 28, 1951, p. 29.

(1) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 21, 1939, p. 1242.

(2) *Hoppe-Seyler's Z. für Physiol. Chem.*, 225, 1934, p. 103.

(3) *Hoppe-Seyler's Z. für Physiol. Chem.*, 247, 1937, p. 115.

Technique. — Les leucocytes du sang de Cheval sont préparés suivant Willstätter et Rohdewald ([3]). Le sang est recueilli sur citrate immédiatement après la mort de l'animal. Depuis ce moment jusqu'au début de l'incubation, il s'écoule au plus 3 h. Les leucocytes de l'exsudat péritonéal de Cobaye sont préparés suivant De Haan ([4]). La suspension de leucocytes de l'une ou l'autre provenance est répartie dans des fioles de Warburg : nous ajoutons en général 0,5 cm³ de suspension à 1,5 cm³ de tampon phosphate M/15, suivant Sörensen, pH 6,6 (dans quelques expériences le pH a été de 7,0 et 7,2) et 0,5 cm³ d'une solution de glucose à 3,5 % (remplacé dans les incubations témoins par 0,5 cm³ d'eau). Après l'établissement de l'atmosphère gazeuse choisie, les fioles sont agitées à la vitesse de 60-65 oscillations/mn dans un thermostat à 37°. A la fin de l'incubation les fioles sont refroidies rapidement à 0°, le contenu, traité par 2,5 cm³ d'acide trichloracétique 0,5 N refroidi à 0°, est centrifugé. La partie insoluble dans l'acide (desmoglycogène) est chauffée au bain-marie bouillant avec 0,5 cm³ de potasse caustique à 60 % jusqu'à dissolution complète (en général 3 h). Au surnageant acidosoluble (lyoglycogène), on ajoute 0,2 cm³ de potasse à 60 %. On dose ensuite le glycogène dans les deux fractions suivant Good, Kramer et Somogyi ([5]) en tenant compte des indications de Wajzer ([6]).

Les teneurs en glycogène total que nous trouvons pour les leucocytes analysés 2 h 30 mn à 3 h après la prise de sang et qui sont de 2,04 à 5,05 mg par gramme frais (en moyenne 4,2 mg/g), correspondent bien aux valeurs de Willstätter et Rohdewald. La synthèse apparente de glycogène est de 1,28 mg/g en moyenne après 60 mn d'incubation.

Il faut remarquer que la synthèse *réelle*, calculée en tenant compte du glycogène dégradé pendant l'incubation, est plus forte : en moyenne 1,45 mg/g.

La synthèse est du même ordre de grandeur dans les leucocytes d'exsudat de Cobaye (4 mg/g).

Dans les deux préparations, la répartition des deux formes de glycogène est la même : 90 % du total environ sont du desmoglycogène. Cette proportion ne varie pas quand il y a dégradation du glycogène (incubations en absence de glucose, 87 ± 5 %) ni quand il y a synthèse (incubations en présence de glucose, 90 ± 4 %).

Quand on fait varier la vitesse de dégradation du glycogène en travaillant en présence soit d'oxygène, soit d'air, soit d'azote, la proportion du desmoglycogène reste toujours voisine de 90 % : respectivement 89,5, 92,5 et 92 %. Pourtant, dans ces conditions, l'ampleur de la synthèse *réelle* n'est pas constante : elle est de 2,26 mg/g dans l'oxygène, 1,13 dans l'air et 0,96 dans l'azote.

Quand on fait varier le temps d'incubation et le pH du milieu (tableau), la proportion desmoglycogène/lyoglycogène est également conservée. On observe de nouveau la diminution de la synthèse de glycogène en anaérobiose.

([4]) Neerld, *J. Physiology*, 2, 1921, p. 677.
([5]) *J. Biochemistry*, 100, 1933, p. 485.
([6]) *Arch. Sc. Physiol.*, 1, 1947, p. 219

N°.	Gaz.	pH.	Glucose ajouté (mg).	0 mn. L.	0 mn. D.	30 mn. L.	30 mn. D.	60 mn. L.	60 mn. D.	90 mn. L.	90 mn. D.
1.	O_2....	6,6	17,5	0,38	1,76	0,47	4,06	0,56	3,58	0,41	3,13
	O_2....	7,0	17,5	–	–	0,53	4,02	0,44	3,39	0,34	3,13
2.	Air...	6,6	–	0,23	2,44	0,21	1,78	0,12	1,41	0,08	0,76
	Air...	6,6	17,5	–	–	0,17	2,44	0,23	2,89	0,24	2,65
3.	Air...	6,6	17,5	0,09	4,96	0,14	5,56	0,26	6,56	0,20	6,22
	N_2....	6,6	17,5	–	–	0,16	5,28	0,31	6,22	0,18	5,27
4.	Air...	6,6	17,5	0,25	4,41	0,25	4,41	0,37	5,93	–	–
	Air...	7,2	17,5	–	–	0,15	4,40	0,28	5,00	–	–
	N_2....	6,6	17,5	–	–	0,25	3,98	0,08	4,72	–	–

Les chiffres expriment le glycogène trouvé en milligrames pour 1 g de leucocytes frais.

Il est impossible de préciser, d'après les expériences faites sur les leucocytes, si la première forme qui apparaît au cours de la synthèse est le desmo- ou le lyoglycogène. Mais, puisque le rapport quantitatif entre les deux formes est toujours conservé, il est évident qu'en dernière analyse l'enrichissement de la cellule en glycogène consiste pour les neuf dixièmes en desmoglycogène.

CANCÉROLOGIE. — *Le virus fibromateux de Shope dans des tumeurs malignes provoquées par lui. Étude au microscope électronique.* Note (*) de MM. **Wilhelm Bernhard**, **Jacques Harel** et **Charles Oberling**, transmise par M. Robert Courrier.

L'objet de cette communication est de montrer les diverses phases évolutives du virus fibromateux de Shope, telles qu'elles se présentent dans des coupes ultra-fines, après inclusion au méthacrylate de butyle de cellules néoplasiques obtenues dans les expériences décrites par J. Harel et Th. Constantin (1).

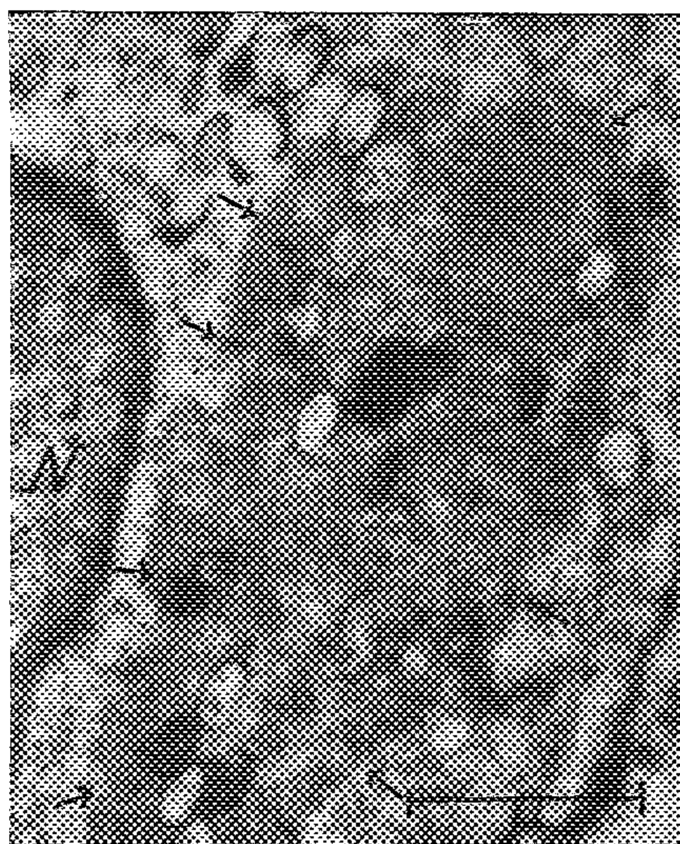
Le virus du fibrome de Shope, contrairement à celui du papillome, conserve sa forme corpusculaire, même chez le Lapin domestique; d'autre part, grâce à ses dimensions relativement importantes [125 à 175 mμ d'après Schlesinger et Andrewes (2)], il constitue un matériel de choix pour étudier le comportement intra-cellulaire d'un agent capable d'engendrer des processus néoplasiques.

Or, dans les cellules provenant de sept tumeurs différentes examinées jusqu'ici, nous avons trouvé le corps cytoplasmique englobé de corpuscules qui n'existent pas dans des fibroblastes normaux et qui ressemblent étran-

(*) Séance du 2 août 1954.

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 681.

(2) *J. Hyg.*, 37, 1937, p. 521.



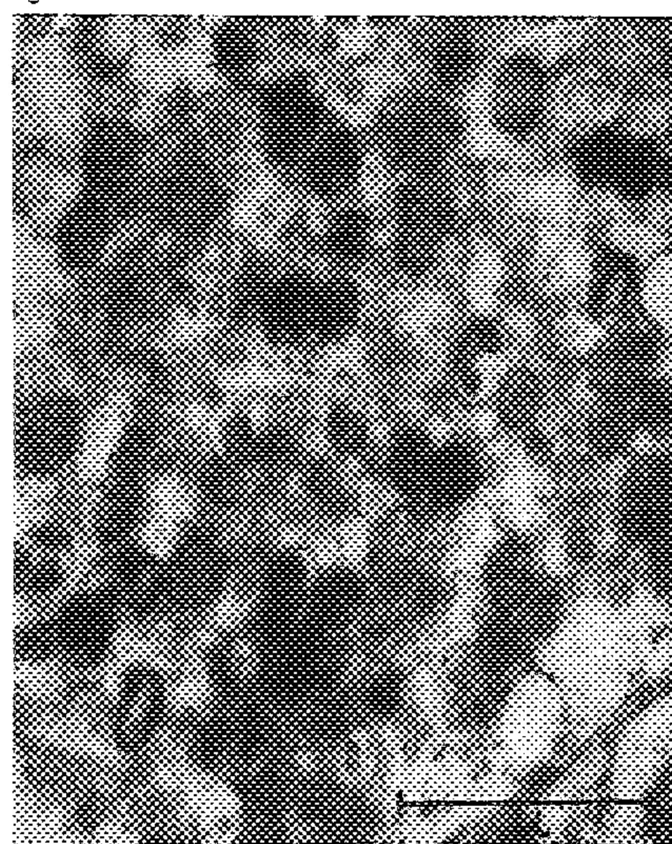
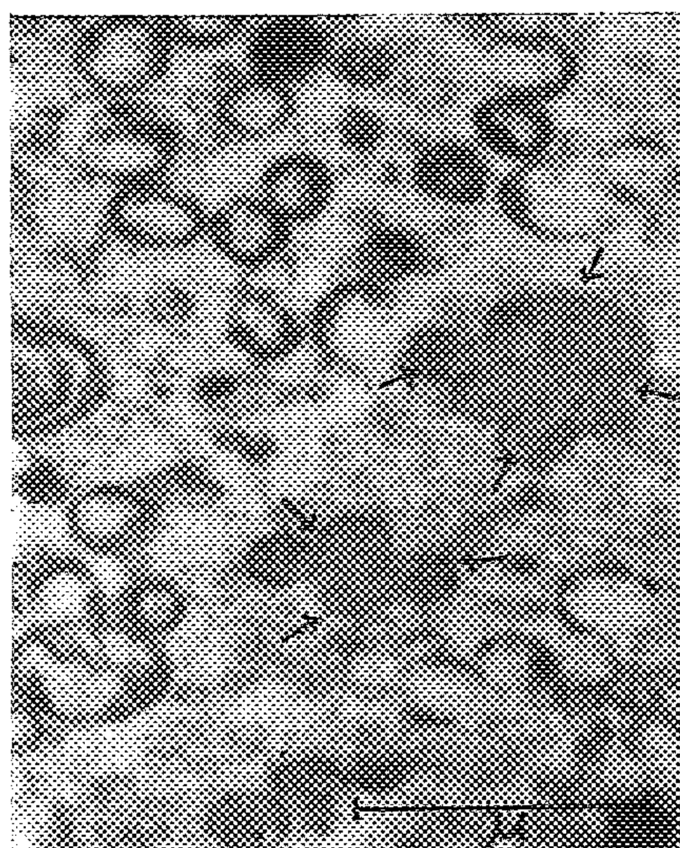


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Masse paranucléaire diffuse (→), corps d'inclusion dans un fibroblaste, contenant de nombreux virus d'aspect clair ou dense (N) = Noyau. G = 18 500.

Fig. 2. — Autre aspect de cette substance diffuse, avec des particules virus denses, dont la plupart sont délimitées par une mince membrane unique. G = 20 000.



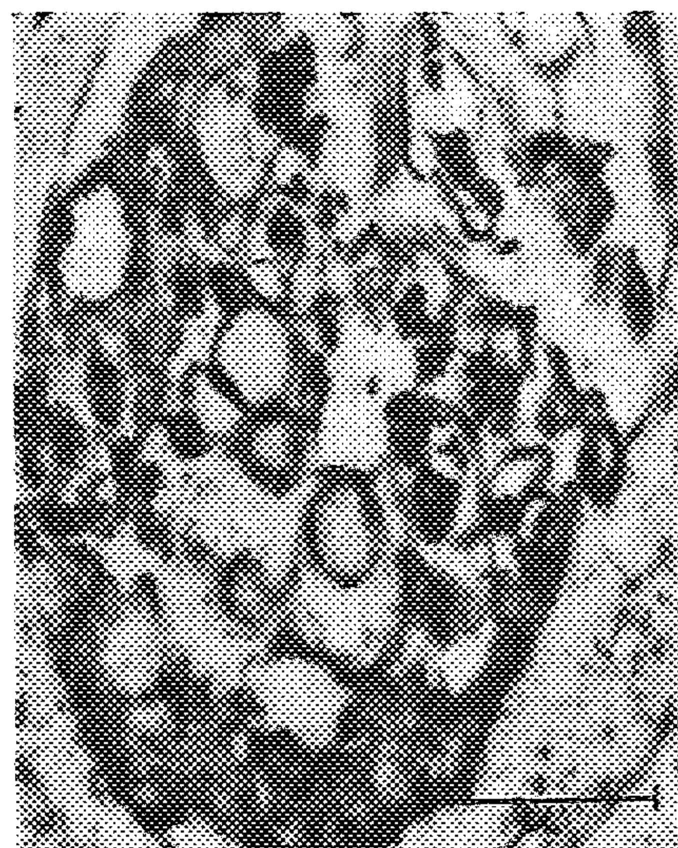


Fig. 3. Fig. 4.

Fig. 3. — Figure d'agglomération (→) (ou de bourgeonnement ?) présentant des corpuscules incomplets. En haut, particules claires à membranes très épaisses et dédoublées. G = 24 000.

Fig. 4. — Masse ovalaire de structure très complexe, répondant probablement à une autre forme de corps d'inclusion. G = 18 500.

gement aux figures du virus de la variole du Canari ([3]), à celles du virus des oreillons ([4]) et, surtout, aux récentes micrographies électroniques du virus de la variole aviaire de Councilman Morgan et coll. ([5]).

Ce qui frappe, tout d'abord, c'est le grand polymorphisme des images observées. Dans le cytoplasme, on voit, très souvent, une zone tantôt bien délimitée, ovalaire (*fig.* 1); tantôt plus diffuse ou sous forme d'amas irréguliers (*fig.* 2). Ceux-ci, constitués par *une masse d'aspect assez homogène*, sont composés d'éléments corpusculaires extrêmement fins dont les dimensions restent bien au-dessous de 100 Å. Dans cette masse se dessinent des membranes qui, progressivement, englobent une parcelle de la substance diffuse et, en se fermant, déterminent *des corpuscules ellipsoïdaux* dont les dimensions varient entre 160-185 × 260-360 mμ. L'aspect de leurs membranes est variable : parfois, elles paraissent très fines, linéaires; parfois, elles s'épaississent d'une façon diffuse ou bien en présentant des renflements fusiformes localisés, le plus souvent, en des points opposés du pourtour (*fig.* 3). A un stade probablement plus avancé, les membranes sont dédoublées. Plus rarement enfin, on note des condensations corpusculaires à l'intérieur même de ces membranes. Le contenu des corpuscules ainsi délimités présente un aspect identique à celui de la masse diffuse, ou bien le contenu se clarifie entièrement, si bien que les corpuscules apparaissent optiquement vides et leurs membranes sous forme d'anneaux (*fig.* 1 et 3); parfois, au contraire, il y a condensation avec production de corpuscules opaques (*fig.* 2). Ceux-ci peuvent être réunis en grappes (*fig.* 3).

Des corps d'inclusion ont été observés au microscope optique dans les cellules du fibrome de Shope par tous les auteurs. Au microscope électronique, ces corps sont de nature très différente : les uns répondent aux nuages de masses diffuses décrites plus haut (*fig.* 1); les autres, plus complexes, semblent en rapport avec des structures cellulaires modifiées, peut-être, avec l'appareil de Golgi (*fig.* 4).

La séance est levée à 15 h 30 m.

R. C.

([3]) K. Herzberg et A. Kleinschmidt, *A. Zeitsch. f. Hyg.* BS 139, 1954, p. 545.

([4]) B. Gosh-Ray et R. H. A. Swain, *J. Path. Bact.*, 67, janvier 1954.

([5]) Councilmann Morgan, S. A. Ellison, H. M. Rose et Dan H. Moore, *Proc. Int. Conf. Electron. Microscopy* Londres, 1954.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 14 juin 1954.)

Note présentée le 9 juin 1954, de MM. *Jean Benoit* et *Ernst Naschke*, Perméabilité magnétique initiale complexe du fer de 0 à 7000 MHz :

Page 2294, 4e ligne et suivantes, *au lieu de* Il est néanmoins net que pour $a > 50$, μ_2 est plus grand que la fréquence où $\mu_1/\mu_=$ est égal à 0,5 il est possible de déduire une valeur statistique..., *lire* Il est néanmoins net que pour $a > 50$, μ_2 est plus grand que ne pourrait l'expliquer la seule dynamique des parois. Connaissant la fréquence où $\mu_1/\mu_=$ est égal à 0,5 il est possible de déduire une valeur statistique....

Page 2294, 3e et 5e lignes après la figure, *au lieu de* μ, *lire* microns.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'aout 1954.

Commémoration à l'École polytechnique du centenaire de la naissance d'Henri Poincaré. *Henri Poincaré*, par le Général Dassault. Paris, Gauthier-Villars, 1954; 1 fasc. 22 cm.

Luis Daniel Beauperthuy. Revision de una vida, par Ricardo Archila. Caracas, Imprenta nacional, 1954; 1 fasc. 23 cm.

L'activité du service de la recherche agronomique et de l'expérimentation agricole au Maroc en 1953, par Georges Grillot. Extrait de *Terre marocaine*, n° 29, 1954; 1 fasc. 27 cm.

Quelques nouvelles observations sur les plantes fourragères, par Guy Perrin de Brichambaut. Extrait du *Bulletin de la Société des agriculteurs du Maroc*, n° 53, 1953.

Que faut-il penser du genre sétaria P. B. (= Chætochloa Scrib), *au point de vue fourrager*. Travail du centre de recherches agronomiques de Rabat. Extrait de *Terre marocaine*, n° 287, 1953; 1 fasc.

Université de Paris. *Les relations d'équivalence et leurs principales applications*, par Paul Dubreil, in *Les conférences du Palais de la Découverte*. Série A, n° 194; 1 fasc. 18 cm.

Id. — *Les cartes géographiques et leur histoire*, par Paul Rossier, in *Les conférences du Palais de la Découverte*. Série D, n° 31; 1 fasc. 18 cm.

Centre national de la recherche scientifique. *Le laboratoire souterrain de Moulis*; 1 fasc. 24,5 cm.

Union internationale de physique pure et appliquée. *Assemblée générale de* 1954. *Principales décisions*, par Pierre Fleury; tirage à part polycopié, 27 cm.

Académie des sciences de l'U.R.S.S. *Chestoe dopolnenie K pervomou izdaniou obtchego Katalog peremennyk zvezd*, par B. V. Koukarkin, P. P. Parenago, Y. I. Efremov, P. I. Kolopov. Moscou, 1954; 1 fasc. 26 cm.

Gouvernement général de l'Algérie. Publications du service de la carte géologique de l'Algérie. (Nouvelle série). Bulletin n° 2. *Géologie et pétrogénèse*, par Henri et Geneviève Termier. Alger, Service de la carte géologique de l'Algérie, 1953; 1 vol. 25 cm.

Carte tectonique de Madagascar au 1/3 500 000ᵉ, par Henri Besairie. Service géologique de Madagascar, 1954; 1 planche 49,5 cm × 65 cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 SEPTEMBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE DE BROGLIE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** informe l'Académie du décès de M. **ANDRÉ CHESNIER DU CHESNE**, Président de l'Association de la Presse de l'Institut et des Sociétés savantes, qui, pendant de longues années, assista aux séances de l'Académie et en rendit compte avec conscience et compétence.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie que la prochaine séance annuelle des Prix aura lieu le lundi 13 décembre 1954.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Une nouvelle démonstration de la formule du guidage en théorie de la double solution.* Note de M. **LOUIS DE BROGLIE**.

L'auteur donne une nouvelle démonstration de la formule du guidage en théorie de la double solution qui repose sur la méthode classique d'intégration des équations aux dérivées partielles linéaires du premier ordre.

La théorie de la double solution telle que nous l'avions proposée en 1927 (¹), repose sur le postulat qu'à chaque solution régulière $v = a\,e^{(2\pi i/h)\varphi}$ de l'équation des ondes de la Mécanique ondulatoire, correspond une solution singulière $u = fe^{(2\pi i/h)\varphi}$ de même phase φ dont l'amplitude f présente une singularité ponctuelle. Ce postulat admis, nous avions montré que le mouvement dans l'espace de la singularité de f est déterminé par la seule connaissance de la phase φ commune à v et à u. Si l'on prend comme équation des ondes de la Mécanique ondulatoire l'équation de Klein-Gordon (valable pour les particules de spin zéro et approximativement pour les autres particules quand on néglige les effets de spin), on démontre que la vitesse $\vec{v}$ du point singulier de f est

(¹) Voir *La Physique quantique restera-t-elle indéterministe ?* Gauthier Villars, 1953.

donnée par la formule

$$\vec{v} = -c^2 \frac{\overrightarrow{\operatorname{grad}} \varphi + \frac{\varepsilon}{c}\vec{A}}{\frac{\partial \varphi}{\partial t} - \varepsilon V}, \tag{1}$$

où c est la vitesse de la lumière dans le vide, ε la charge électrique de la particule, V et $\vec{A}$ le potentiel scalaire et le potentiel-vecteur du champ électromagnétique auquel elle est soumise.

Une nouvelle démonstration de la formule du guidage nous a été suggérée par un travail récent de M. Gérard Petiau ([2]).

En portant dans l'équation de Klein-Gordon l'expression de la solution régulière v, nous obtenons deux équations réelles dont l'une, l'équation de continuité, s'écrit

$$\frac{\partial a}{\partial t} + A(x, y, z, t)\frac{\partial a}{\partial x} + B(x, y, z, t)\frac{\partial a}{\partial y} + C(x, y, z, t)\frac{\partial a}{\partial z} + D(x, y, z, t)a = 0 \tag{2}$$

avec

$$\left\{\begin{aligned} A &= -c^2 \frac{\frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{\varepsilon}{c}A_x}{\frac{\partial \varphi}{\partial t} - \varepsilon V}; \qquad B = -c^2 \frac{\frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{\varepsilon}{c}A_y}{\frac{\partial \varphi}{\partial t} - \varepsilon V}; \\ C &= -c^2 \frac{\frac{\partial \varphi}{\partial z} + \frac{\varepsilon}{c}A_z}{\frac{\partial \varphi}{\partial t} - \varepsilon V}; \qquad D = \frac{c^2}{2} \frac{\Box \varphi}{\frac{\partial \varphi}{\partial t} - \varepsilon V}; \end{aligned}\right. \tag{3}$$

Si φ est connue, on connaît les fonctions A, B, C, D.

Pour la solution singulière u de même phase φ, nous obtenons également l'équation (2) où l'amplitude continue a doit être remplacée par l'amplitude à singularité f.

Les équations différentielles correspondant à l'équation aux dérivées partielles (2) sont

$$dt = \frac{dx}{A} = \frac{dy}{B} = \frac{dz}{C} = -\frac{da}{Da}. \tag{4}$$

Les trois premières de ces équations admettent trois intégrales premières

$$f_1(x, y, z, t) = \lambda, \qquad f_2(x, y, z, t) = \mu, \qquad f_3(x, y, z, t) = \nu \tag{5}$$

qui, pour des valeurs constantes de λ, μ, ν, définissent des lignes de courant dans l'espace-temps : ces lignes de courant correspondent, on le voit aisément, au mouvement prévu par la formule du guidage (1).

Mais nous devons, en outre, considérer la relation $da/a = -D(x, y, z, t)dt$.

([2]) *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 344.

Or les variables x, y, z peuvent s'exprimer, à l'aide de (5), en fonction de λ, μ, ν et t, de sorte que $D(x, y, z, t) = F(\lambda, \mu, \nu, t)$. Le long d'une ligne de courant, λ, μ, ν étant constantes, on a

$$a = \rho e^{-\int^t F(\lambda, \mu, \nu, t)} dt \tag{6}$$

ρ étant une constante et l'intégration étant effectuée sur t à λ, μ, ν constants. La *même* expression (6) est valable pour f puisque la phase φ et par suite la fonction F sont les mêmes pour v et pour u.

La théorie des équations aux dérivées partielles linéaires du premier ordre nous apprend que la solution générale de (2) s'obtient en écrivant $\rho = \Phi(\lambda, \mu, \nu)$ où Φ est une fonction arbitraire. Nous aurons donc comme forme commune pour a et pour f

$$\left.\begin{matrix} a \\ f \end{matrix}\right\} = e^{-\int^t F(\lambda, \mu, \nu, t) dt} . \Phi(\lambda, \mu, \nu,). \tag{7}$$

Le premier facteur du second membre de (7) est le même pour a et pour f, mais la fonction Φ est naturellement différente pour les deux amplitudes; elle devra, dans les deux cas, être choisie de façon à satisfaire l'équation de Jacobi généralisée correspondant à l'équation de Klein-Gordon.

Comme a est, par définition, une fonction régulière, le premier facteur du second membre de (7) ne peut pas présenter de singularité, sans quoi il n'existerait pas de solution régulière correspondant à la phase φ, ce qui serait contraire à l'hypothèse. Par suite, f ne peut avoir un point singulier au point x_0, y_0, z_0 de l'espace au temps t_0 que si la fonction Φ (relative à f) présente une singularité pour les valeurs $\lambda_0 = f_1(x_0, y_0, z_0, t_0)$, $\mu_0 = f_2(x_0, y_0, z_0, t_0)$, $\nu_0 = f_3(x_0, y_0, z_0, t_0)$ des variables λ, μ, ν. Mais alors la fonction f a dans l'espace-temps toute une ligne singulière définie par les équations $\lambda = \lambda_0$, $\mu = \mu_0$, $\nu = \nu_0$ et ceci nous fournit une nouvelle démonstration de la formule du guidage.

GÉNÉTIQUE. — *Disjonction en seconde génération de* Linaria vulgaris Peloria var. Allardi. Note M. Louis Blaringhem et Mme Lily Rohlfs.

L'anomalie florale *Peloria Allardi* se maintient dès la première fleur épanouie par le semis des graines. En août et septembre 1954 la fréquence sur les plantes âgées du type floral *anectaria* est grande, favorisée par un régime semi-aquatique.

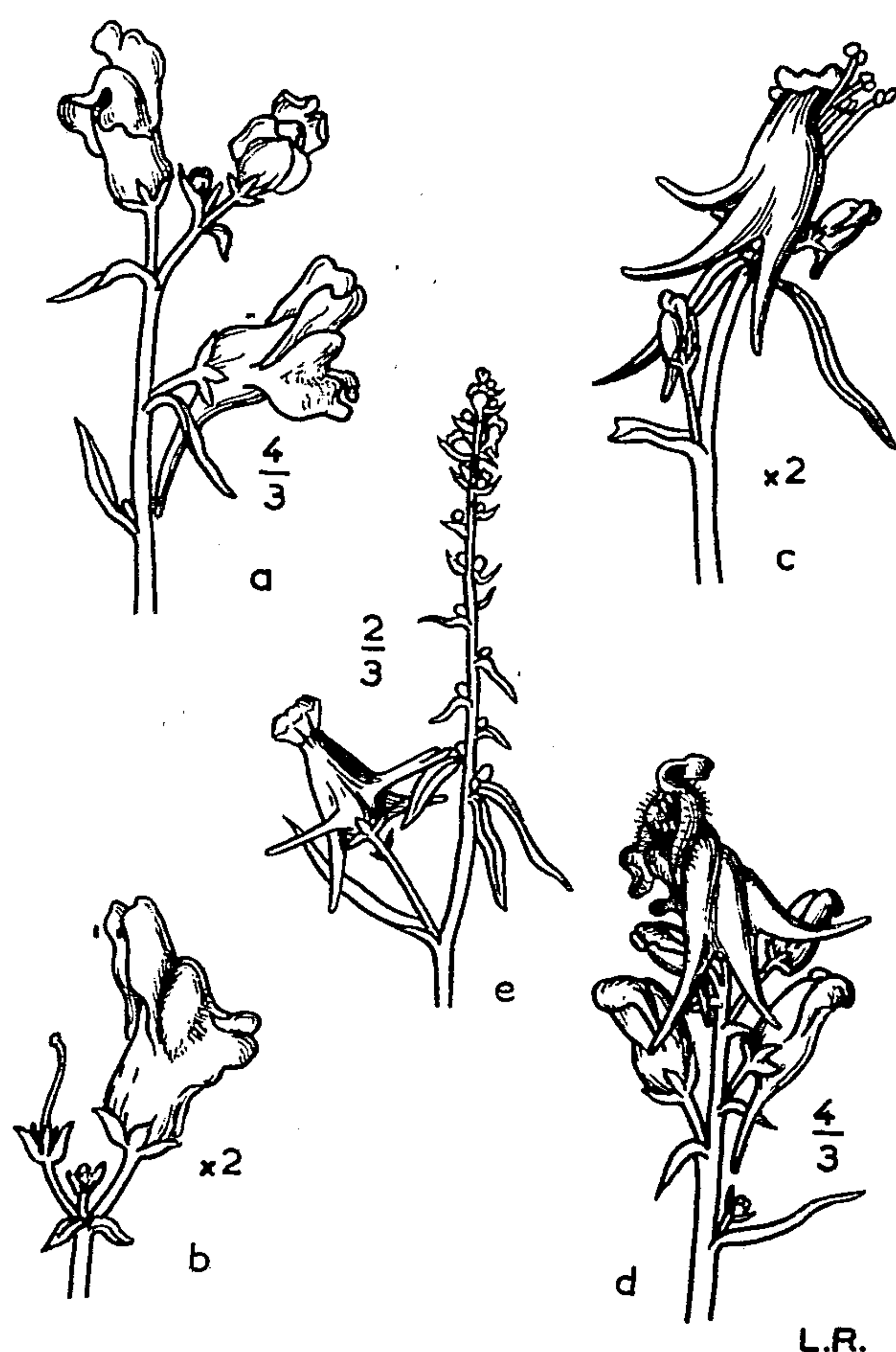
Peloria est le nom de genre donné par D. Rudberg en 1749 et adopté par Linné [1]. La plante a été retrouvée par nous en 1946 et suivie depuis à Angers, Arboretum G. Allard [2]. Les cultures nous prouvent la fixation des caractères

[1] Daniel Rudberg, *Peloria Amœnitates Academ.*, I, 1749, p. 282 et pl. p. 298.

[2] *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1197.

par le semis des graines et en font une *Peloria vulgaris* forme *Allardi*, nouveauté qui diffère, par les fleurs, des diverses plantes sporadiques pélorиées de *Linaria vulgaris peloria* décrites depuis deux siècles.

Le semis des graines des fleurs à un éperon de *Peloria Allardi* donne souvent de jeunes plantes dont la première fleur est une pélorie à cinq éperons nectarifères et toujours stérile. Parfois et au cours de l'été 1954, une et plus rarement



a, ramification latérale de *Peloria* des bords de la Loire avec 2 fleurs *anectaria*, et pointe avortée; *b*, fleur *anectaria* adulte de nos cultures à Angers; *c*, pélorie terminale ouverte à 5 éperons avec croissance exagérée des filets des étamines stériles; *d*, pélorie terminale ouverte par son propre développement faisant paraître deux anthères vides portées sur de longs filets, accompagnée de deux *anectaria*; *e*, fleur pélorиée terminale à 4 éperons à pointe bifide, de la station du bord de la Loire au sud d'un mur.

deux fleurs sont intercalées, parmi les fleurs à un éperon, du type *Peloria anectaria* (*fig. a, b, d*), *jamais* en pointe d'axe floral, ou de ramille latérale de plantes vivaces et jeunes nées dans l'année. Fin août, en une semaine, nous comptons 14 *anectaria* et le nombre de ces pélories à fleurs de Muflier est

nettement plus élevé en septembre. Les fleurs *anectaria* se trouvent au même niveau des épis ou ramification des grappes, donc sont de *formation génétique contemporaine*. La figure *a* montre deux fleurs *anectaria* successives, l'une forte, l'autre plus jeune succédant à une fleur normale adulte et suivies d'une pointe de l'épi avec bourgeon terminal qui n'a pu s'allonger par épuisement local.

Dans la recherche des fleurs *anectaria* il faut tenir compte de la densité relative des épis, c'est-à-dire de l'écartement sur l'axe des fleurs normales à un seul éperon et à pélorie terminale (*fig. d*) cas extrême, qui montre plusieurs désordres organiques. La pélorie terminale a selon la règle cinq éperons, trois bien visibles sur le dessin et filets staminaux très allongés; deux *anectaria* suivent la plus âgée en dessous presque adulte et plus forte que la seconde. Entre les deux *anectaria* une fleur est normale à éperon unique de grande taille manifestement formée avec ses cinq sépales en même temps que les *anectaria* dans le bouton; cependant pour ces trois fleurs différentes les bractées sont très courtes et dominées par la croissance purement végétative réduite à l'extrême.

Encore sur les bords de la Loire le long d'un mur bien ensoleillé, mais soumis aux inondations périodiques de printemps nous avons noté trois cas de fleurs *anectaria* à 4 sépales dans l'échelonnement sur 20 m d'une dizaine de plantes à rhizomes indépendants. Une pélorie tardive terminale à 5 éperons (*fig. e*) s'y trouvait, sans autre fleur caractérisée par une anomalie.

La mutation *Linaria vulgaris anectaria*, bien que difficile à voir pour le botaniste non prévenu est beaucoup plus fréquente que la *Peloria* à 5 éperons ou davantage, disposés en étoile qui attire les regards à distance et reçoit la visite des insectes butineurs qui percent les pointes pour en retirer le contenu sucré. On en trouve la démonstration détaillée dans la plupart des Ouvrages ou Mémoires de Tératologie végétale. La Pélorie *anectaria* est devenue, ou est restée, le prototype des nombreuses races de Mufliers horticoles, dont les ascendants sont européens : d'Espagne, de Sicile ou des Pyrénées et sont multipliés aussi bien par stolons que par le semis. On en trouvera une étude dans le *Traité de Génétique* d'Erwin Baur ([3]). Les pélories sont communes chez bien d'autres *Linaria* annuelles ou vivaces et semblent être sous la dépendance de facteurs saisonniers et non de l'hybridation comme l'affirme Linné ([4]) *L. vulgaris* croisé avec un *Verbascum* ou Linaire avec Molène.

Peloria, la Pélorie très rare des Linaires vulgaires est une anomalie qui, si on réussit à la fixer par le semis, exigera, comme pour la multiplication des plantes à feuillage panaché et des plantes vivaces à fleurs doubles, des pratiques horticoles prolongées où les arrosages périodiques échelonnés seront nécessaires au cours de l'été.

([3]) *Einführung in die Vererbungslehre*, Vorlesung V. et passim, Berlin, 1911.
([4]) Linné et J.-J. Haartman, *Plantæ hybridæ Amœn. Acad.*, III, 1756, p. 28-62.

M. **Léon Moret** adresse en hommage à l'Académie les trois fascicules suivants : 1° *Maurice Lugeon et la géologie savoisienne;* 2° *Problèmes de stratigraphie et de tectonique dans les Alpes françaises;* 3° *Les sciences physiques au secours de la Préhistoire : le contrôle et la datation des fossiles quaternaires par les méthodes du fluor et du radiocarbone.*

Les Ouvrages suivants sont présentés :

par M. **Louis Fage** : *Faune de France.* 58. *Mollusques opisthobranches,* par Mme Alice Pruvot-Fol.

par M. **Pierre Pruvost** : *La Géologie de la République d'Haïti et ses rapports avec celle des régions voisines,* par Jacques Butterlin.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Charles Camichel** et **Léopold Escande** sont adjoints à la délégation précédemment désignée pour représenter l'Académie aux Cérémonies qui auront lieu à Toulouse, les 4 et 5 novembre 1954, pour commémorer le Centième anniversaire de la naissance de Paul Sabatier.

CORRESPONDANCE.

M. **Paul Dumanois** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des applications de la science à l'industrie par le décès de M. *René Barthélemy.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Paul Dumanois. *La soufflerie sonique de Modane-Avrieux.*

2° *Discours prononcés à la manifestation d'hommage à Victor Van Straelen, directeur de l'Institut Royal des sciences naturelles de Belgique.* 1925-1954.

3° *Journal of Nuclear Energy* (London). Vol. I, n° 1.

4° *Note on Betti numbers of Riemannian manifolds* I et II, par Yasuro Tomonaga.

5° Académie des sciences de l'U. R. S. S. *Sur le but et le programme d'observation du service international de latitude* (en langues russe et française).

6° Météorologie Nationale. *Emplacement des stations et des postes du Réseau climatologique national.* (Carte à l'échelle du 1/1 500 000e).

ALGÈBRE. — *Sur le critère de Friedrichs pour les commutateurs dans une algèbre associative libre.* Note de M. **Paul Moritz Cohn**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Le critère de Friedrichs permet de reconnaître dans une algèbre associative libre les éléments qui sont des sommes de commutateurs. On donne ici une nouvelle démonstration et une généralisation au cas des polynomes associatifs de degré $\leqq n$ en les commutateurs.

Soit A l'algèbre associative libre ([1]) d'un ensemble E sur un corps K. Tout élément de A sera un polynome (non commutatif) $f(x_1, \ldots, x_n)$, ou simplement $f(x)$, en certains éléments $x_1, \ldots, x_n$ de E, et l'on obtient un élément bien défini en substituant dans $f(x)$ des éléments quelconques d'une algèbre associative à $x_1, \ldots, x_n$.

Quand on considère A comme un espace vectoriel sur K avec la multiplication $[a, b] = ab - ba$ (et - dans le cas où K est de caractéristique $p \neq 0$ - l'opération $a \rightarrow a^p$), on obtient une structure d'algèbre de Lie ([2]) que nous notons [A]. Soit L la sous-algèbre de [A] engendrée par E. Récemment K. O. Friedrichs ([3]) a donné un critère très simple pour déterminer si un élément de A appartient à L. Pour l'énoncer, prenons un ensemble E′ en correspondance biunivoque avec E, formons A′, l'algèbre associative libre de E′ sur K, et ensuite, le produit tensoriel $A \otimes A'$ sur K. A chaque élément $f(x)$ de A correspond un élément $f(x') \in A'$ obtenu en substituant x'_i à x_i, et un élément $f(x+x') \in A \otimes A'$, obtenu en substituant $x_i + x'_i$ à x_i. Alors on a :

Théorème 1 (Friedrichs). — *Un élément $f(x)$ de A est dans L si et seulement si*

$$f(x+x') = f(x) + f(x') \quad \textit{dans } A \otimes A'. \tag{1}$$

Le théorème a été démontré (pour le cas de la caractéristique zéro) par W. Magnus ([4]). Notre but ici est d'en proposer une généralisation et une démonstration plus courte, qui sera basée sur le théorème de Birkhoff-Witt ([5]).

([1]) *Voir* C. Chevalley, *Théorie des groupes de Lie*, II. (*Actualités Sc. et Ind.*, 1152, 1951, p. 2.)

([2]) Dans le cas de caractéristique $p \neq 0$ nous entendons par là une « restricted Lie algebra of characteristic p » au sens de Jacobson, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 50, 1941, p. 15-25.

([3]) *Comm. Pure Appl. Math.*, 6, 1953, p. 1-72, *voir* p. 19. Ce critère est utilisé par Friedrichs pour donner une démonstration (en trois lignes) de la formule de Baker-Hausdorff, à savoir que $\log(e^x e^y)$ est une somme des commutateurs. Le lecteur n'aura aucune difficulté à reconstruire sa démonstration à partir du théorème 1.

([4]) *Math. Rev.*, 15, 1954, p. 97. M. Magnus m'a communiqué sa démonstration dans une lettre.

([5]) G. Birkhoff, *Ann. Math.*, 38, 1937, p. 526-532. E. Witt, *J. reine angew. Math.*, 177, 1937, p. 152-160. La modification pour le cas $p \neq 0$ s'établit sans difficulté.

Nous utiliserons ce théorème sous la forme suivante :

Étant donné une base (bien ordonnée) $u_1, u_2, \ldots$ de L sur K, alors les éléments

(2) $$u_{i_1}\ldots u_{i_r} \qquad (i_1 \leqq \ldots \leqq i_r;\ r = 1, 2, \ldots)$$

forment une base de A sur K (avec la restriction dans le cas de caractéristique $p \neq 0$, que tout au plus $p - 1$ des indices i_ρ soient égaux entre eux).

Démonstration du théorème 1. — La nécessité de (1) est immédiate puisque l'ensemble des éléments satisfaisant à (1) est une sous-algèbre de [A] qui contient E, donc aussi L. Pour démontrer la réciproque, prenons une base $u_1, u_2, \ldots$ de L sur K, et notons u'_i l'élément de A′ correspondant à u_i. Alors on peut combiner la base (2) de A et la base correspondante de A′ pour obtenir une base de $A \otimes A'$. Maintenant soit $f(x) = \Sigma a_{i_1 \ldots i_r} u_{i_1} \ldots u_{i_r}$ un élément de A qui satisfasse à (1). Cette condition se traduit comme suit [en tenant compte de la relation (1) pour tout u_i] :

$$\sum a_{i_1\ldots i_r}(u_{i_1}+u'_{i_1})\ldots(u_{i_r}+u'_{i_r}) = \sum a_{i_1\ldots i_r}u_{i_1}\ldots u_{i_r} + \sum a_{i_1\ldots i_r}u'_{i_1}\ldots u'_{i_r}.$$

La comparaison des coefficients de $u_{i_1}u'_{i_2}\ldots u'_{i_r}$ donne

$$ka_{i_1\ldots i_r} = 0, \quad \text{si } i_1 = i_2 = \ldots = i_k < i_{k+1}, \qquad \text{et} \qquad k < p \quad \text{si } p \neq 0.$$

On conclut que $a_{i_1\ldots i_r} = 0$ toutes les fois que $r > 1$, ce qui démontre le théorème 1.

Pour généraliser le théorème 1, considérons l'espace L^n engendré par les produits de n facteurs dans L, et posons $C_n = L + L^2 + \ldots + L^n$. Il est clair que les éléments (2) avec $r \leqq n$ constituent une base pour C_n. De plus, nous définissons l'opération suivante dans $A \otimes A'$: on opère sur $f \in A \otimes A'$ en remplaçant chaque $x_i \in E$ par $x_i + x'_i$ dans f et en retranchant f de l'élément ainsi obtenu. En symboles

$$\nabla f(x, x') = f(x + x', x') - f(x, x').$$

Nous nous bornons pour le moment au cas de caractéristique 0. Dans ce cas on a

THÉORÈME 2. — *Pour qu'un élément $f \in A$ appartienne à C_n, il faut et il suffit que* $\nabla^{n+1} f = 0$.

Nécessité. — Si $f \in C_n$, son degré dans les u_i ne dépasse pas n. L'opération ∇ diminue le degré d'une unité, donc $\nabla^n f$ ne dépend plus des u_i, et $\nabla^{n+1} f = 0$. Pour la réciproque, un calcul facile donne $\nabla^n(u_{i_1}\ldots u_{i_n}) = n!\, u'_{i_1}\ldots u'_{i_n}$. Donc pour tout $f(x)$ homogène de degré n en les u_i on a $\nabla^n f = n!\, f(x')$. En général, soit $f = f_1 + \ldots + f_k$, où f_r est homogène de degré r, et $f_k \neq 0$. Alors $f \in C_k$, $f \notin C_{k-1}$, et on a $\nabla^k f = k!\, f_k(x') \neq 0$. A plus forte raison $\nabla^h f \neq 0$ pour tout $h \leqq k$; donc si $\nabla^{n+1} f = 0$, on a $n + 1 > k$, d'où $C_k \subseteq C_n$. C. Q. F. D.

Par une modification légère on peut lever la restriction de la caractéristique o : Soient A, A', ..., $A^{(n)}$ $n+1$ copies isomorphes de A, et T leur produit tensoriel sur K. Posons

$$\nabla_k f(x, x', \ldots, x^{(n)}) = f(x + x^{(k)}, x', \ldots, x^{(n)}) - f(x, x', \ldots, x^{(n)}) \quad \text{où} \quad x_i^{(k)}$$

est l'élément de $A^{(k)}$ qui correspond à x_i dans A. Alors

Théorème 2'. — *$f \in C_n$ si et seulement si* $\nabla_n \nabla_{n-1} \ldots \nabla_2 \nabla_1 f = 0$.

La démonstration s'obtient sans difficulté de celle du théorème 2. On peut encore formuler le critère sous la forme suivante, qui se prête peut-être plus facilement aux applications :

Théorème 2''. — *$f(x) \in C_n$ si et seulement si*

$$\sum_{k=0}^{n} f(x^{(k)}) - \sum_{k<l} f(x^{(k)} + x^{(l)}) + \ldots (-)^n f(x + x' + \ldots + x^{(n)}) = 0.$$

Cette condition se déduit de la précédente si l'on se rend compte que le premier membre est égal à $(-)^n \{ \nabla_n \nabla_{n-1} \ldots \nabla_2 \nabla_1 f - (\nabla_n \nabla_{n-1} \ldots \nabla_2 \nabla_1 f)_{x_i=0} \}$.

THÉORIE DES CORPS VALUÉS. — *Prolongement analytique dans les corps valués complets : démonstration de la loi d'unicité : fonctions analytiques uniformes.* Note de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans mes Notes précédentes [1], j'ai défini la notion d'*élément analytique* d'un corps valué complet algébriquement fermé K et j'ai énoncé un théorème d'unicité : *un élément analytique $f(x)$ de* K *est nul partout sur son support* D *s'il l'est sur un* $\Delta \subseteq D$ *ayant un point limite dans* D. J'en donne ici la démonstration, en conservant mes notations [1] et je définis la notion de *fonction analytique uniforme de* K.

Démonstration de la loi d'unicité. — *a.* Soit K un corps valué à valuation $|\ldots|$ dense, et soit H_r l'anneau des fractions rationnelles $\in K(x)$ n'ayant, dans la fermeture algébrique $\mathfrak{K}$ de K, aucun pôle de valuation r. Posons, pour f, $f^* \in H_r$, $d_r(f, f^*) = M(f - f^*; r) = \sup_{|x|=r} |f(x) - f^*(x)|$. Cette distance organise H_r en un espace ultramétrique, car $d_r(f, f^*) = 0$ implique $f = f^*$, on a $d_r(f, f^*) = d_r(f^*, f)$ et, si $f, f^*, f^{**} \in H_r$, $d_r(f, f^{**})$, qui est égale à $\operatorname{Sup} |f(x) - f^{**}(x)|$, où x parcourt la circonférence $|x| = r$ de K, est $= \operatorname{Sup} \operatorname{Max}(|f(x) - f^*(x)|, |f^*(x) - f^{**}(x)|)$; or, les opérateurs Sup et Max étant permutables, cette dernière expression est égale à $\operatorname{Max}(\operatorname{Sup} |f(x) - f^*(x)|, \operatorname{Sup} |f^*(x) - f^{**}(x)|)$, autrement dit à $\operatorname{Max}(d_r(f, f^*), d_r(f^*, f^{**}))$. En particulier, si $f, f^* \in H_r$, on a $|M(f; r) - M(f^*; r)| \leqq M(f - f^*; r)$ et $M(f - f^*; r) < M(f; r)$ entraîne $M(f^*; r) = M(f; r)$.

---

[1] *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2385 et 239, 1954, p. 468.

b. Supposons K complet et algébriquement fermé, et soit $f(x)$ un élément analytique de K de support D (donc D est un domaine quasi connexe de K′), qui s'annule sur un $\Delta \subseteq D$, ayant un point limite $\xi \in D$. On peut supposer $\xi = 0$. Soit $R = \mathrm{Sup}|x|$, où x parcourt D. Un $r \in [0, R]$ sera dit *exceptionnel* s'il existe un $x \notin D$ dans K tel que $|x| = r$. D étant quasi connexe, il n'existe [1], pour tout $s < R$, qu'un nombre fini des $r \in [0, s]$ exceptionnels, et, ainsi, tout r exceptionnel est un point limite des $r \in [0, R]$ non exceptionnels. Par hypothèse, il existe [1] une suite $f_n(x)$ de fractions rationnelles $\in K(x)$, dont aucune n'a de pôles $\in D$, qui converge uniformément vers $f(x)$ sur D. Ainsi, si $r \in [0, R]$ n'est pas exceptionnel, tout $f_n(x)$ est $\in H_r$ et, pour tout $\varepsilon > 0$, il existe un entier $n(\varepsilon)$ tel que $m \geq n(\varepsilon)$ et $n \geq n(\varepsilon)$ impliquent, pour tout $x \in D$, et, en particulier, pour tout $x \in K'$ tel que $|x| = r$, $M(f_m - f_n; r) \leq \varepsilon$. Il en résulte, pour tout $r \in [0, R]$ non exceptionnel, $|f_m(x) - f_n(x)| \leq \varepsilon$, d'où $|M(f_m; r) - M(f_n; r)| \leq \varepsilon$ et $M(f_m; r) = M(f_n; r)$ si une de ces valeurs est $> \varepsilon$. Mais les $M_n(r) = M(f_n; r)$ étant des fonctions continues de r et tout $r \in [0, R]$ étant limite des r non exceptionnels, ces inégalité et égalité sont valables pour tout $r \in [0, R]$. Ainsi, les $M_n(r)$ convergent uniformément sur $[0, R]$ vers une fonction $M(r)$, qui y est continue, et, si $M(r) > \varepsilon$, $n \geq n(\varepsilon)$ implique $M_n(r) = M(r)$. Si $x \in D$ est tel que sa distance à tout $y \notin D$ dans K soit $\geq |x|$, aucun $f_n(x)$ n'a de pôle π tel que $|x - \pi| < |x|$, d'où, pour tout n, on a $|f_n(x)| \leq M_n(|x|)$ et $|f(x)| = \lim |f_n(x)| \leq M(|x|)$.

c. Comme on a $0 \in D$, la plus petite valeur exceptionnelle r_1 (où, à défaut, $r_1 = R$) est positive et aucune des $f_n(x)$ n'a de pôles dans le cercle $|x| < r_1$ de K. Ainsi, toutes les $f_n(x)$ sont développables en séries de Taylor convergeant dans ce cercle, et il en est de même pour leur limite uniforme $f(x)$. Comme $f(x)$ est nulle sur $\Delta \subseteq D$, qui a le point limite $0 \in D$, cette fonction est identiquement nulle sur ce cercle. Ainsi, si $|x| = r < r_1$, $n \geq n(\varepsilon)$ implique $|f_n(x)| \leq \varepsilon$, d'où $M_n(r) \leq \varepsilon$ et $M(r) = 0$ pour tout $r < r_1$. Supposons que $M(r)$ ne soit pas identiquement nulle sur $[0, R]$, et soit ρ l'infimum des r tels que $M(r) \neq 0$. En vertu de la continuité de $M(r)$, on a $M(\rho) = 0$. Soit $\bar{r}$ la plus petite valeur exceptionnelle $> \rho$ ou, à défaut, R. On a $0 < \rho < R$ et aucune des $f_n(x)$ n'a de pôles π tels que $|\pi| \in (\rho, \bar{r})$. Il existe un $r' \in (\rho, \bar{r})$ tel que $M(r') \neq 0$, et on peut trouver un ε tel que $0 < \varepsilon < M(r')$. En vertu de la continuité de $M(r)$, il existe un sous-intervalle L de $(\rho, \bar{r})$ où $M(r)$ est partout $> \varepsilon$, et, par suite, coïncide sur L avec toute $M_n(r)$ telle que $n \geq n(\varepsilon)$. Les $M_n(r)$ étant [1] exponentielles par morceaux, il existe un sous-intervalle L^* de L, où une de ces $M_n(r)$ et, par suite, $M(r)$ a la forme cr^q $(c > 0)$. Mais, alors, toute $M_n(r)$, pour $n \geq n(\varepsilon)$, coïncide avec cr^q sur L^*, et on a [1], pour tout $r \in [\rho, \bar{r}]$, $M_n(r) \geq cr^q$ et, en particulier, $M_n(\rho) \geq c\rho^q$ et $M(\rho) = \lim M_n(\rho) \geq c\rho' > 0$, contre l'hypothèse. Donc $M(r) = 0$ partout sur $[0, R]$ et, si la distance d'un $x \in D$ à tout $y \notin D$ dans K′ est $\geq |x|$, on a $f(x) = 0$.

d. Soit $x \in D$. Comme D est ouvert, il existe un $a \in D$, qui soit plus près

de x que ξ ou tout point du complémentaire $\overline{D}$ de D dans K'. Transformons le corps projectivisé K' et l'argument x des fonctions $f(x)$, $f_n(x)$ par l'homographie $x^* = 1 : (x - a)$, et soient D^*, $\overline{D}^*$, Δ^*, ξ^*, $f^*(x^*)$, $f_n^*(x^*)$ les transformés des respectivement D, $\overline{D}$, Δ, ξ, $f(x)$, $f_n(x)$ par cette homographie. Toute homographie préservant la quasi-connexité des ensembles ([1]) et la rationalité des fonctions, on voit que $f^*(x^*)$ est un élément analytique de K' de support D^*, qui est nul sur $\Delta^* \subseteq D^*$, dont $\xi^* \in D^*$ est un point limite. Or, si $y \in K'$ et si $y^* = 1 : (y - a)$, on a

$$d(x^*, y^*) = |x^* - y^*| = |(y - x) : (x - a)(y - a)| = |y - x| : |x - a||y - a|.$$

En particulier, si $|y - a| > |x - a|$, on a $|y - x| = |y - a|$, d'où $d(x^*, y^*) = 1 : |x - a|$ et est, ainsi, indépendante de y. Par suite, la distance de x^* aux transformés π^* des $\pi \in \overline{D}$ est la même que sa distance à ξ^*, d'où résulte $f^*(x^*) = 0$. Or, par définition, on a $f(x) = f^*(x^*)$, d'où $f(x) = 0$ et $f(x)$ est nulle partout sur D. C. Q. F. D.

Remarque. — Il suffit, pour pouvoir démontrer $M(r) = 0$, que l'ensemble des valeurs exceptionnelles soit bien ordonné sur l'axe réel. Mais cette condition n'est vérifiée pour tout $\xi \in D$ et n'est préservée par toute homographie de pôle $a \in D$ que si D est quasi connexe. Il est facile de former un exemple de limite uniforme $f(x)$ des $f_n(x) \in K(x)$ sur un $D \subset K'$ tel que, pour un $\xi \in D$, l'ensemble de valeurs exceptionnelles soit une suite décroissante r_n, et que $M(r)$ soit $= 0$ ou > 0 suivant que $r \leqq$ ou $> \lim r_n$.

Soit A(K) l'ensemble de tous les éléments analytiques de K, et soit $\sim$ la relation d'équivalence dans A(K) telle que $f(x) \sim f^*(x)$ (f, $f^* \in A(K)$) si, et seulement s'il existe une suite $f = f_0, f_1, f_2, \ldots, f_s = f^*$ d'éléments analytiques de K, dont deux termes consécutifs quelconques ont leurs supports non-disjoints et coïncident sur l'intersection de ces supports. On montre, par des raisons de géométrie ultramétrique que f et $f^* \sim f$ à supports non-disjoints coïncident sur l'intersection de leur supports. F étant une classe de l'équivalence ainsi définie, et D(F) étant la réunion des supports des $f \in F$, toutes les $f \in F$ définies en un $x \in D(F)$ ont une même valeur $f(x)$ en x. On notera $F(x)$ cette valeur, et, ainsi, la classe F donne lieu à une fonction $F(x)$ définie sur D(F), qui sera dite le *prolongement analytique uniforme total* de toute $f \in F$. De telles $F(x)$ seront dites *fonctions analytiques uniformes* de K. Deux fonctions analytiques uniformes de D coïncident si elles sont égales sur un ensemble de l'intersection de leurs supports y ayant un point limite.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une généralisation immédiate des équations d'Einstein.* Note de M. **Jean Hély**, présentée par M. Joseph Pérès.

On introduit à la fois une densité de courant, une densité de matière et une constante cosmologique dans la théorie d'Einstein du champ unitaire.

La représentation d'Einstein du champ unitaire repose sur les équations de connexion

(I) $$g_{\stackrel{+}{i}\stackrel{-}{k};l} = 0, \qquad (\sqrt{-g}\,g^{\overset{ik}{\vee}})_{,k} = 0$$

et les équations de champ

(II) $$\underset{-}{R}_{ik} = 0, \qquad \underset{\vee}{R}_{ik,l} + \underset{\vee}{R}_{kl,i} + \underset{\vee}{R}_{li,k} = 0,$$

compatibles en vertu des identités

$$[\sqrt{-g}(g^{ik}R_{il} + g^{ki}R_{li})]_{,k} \equiv \sqrt{-g}\,g^{ik}R_{ik,l}$$

qui résultent de (I) et peuvent en effet s'écrire, si l'on pose $\sqrt{-f}\,f^{ik} \equiv \sqrt{-g}\,g^{\underset{-}{ik}}$ (f désignant le déterminant des f_{ik} tels que $f^{il}f_{ik} = \delta^l_k$ et $\underset{0}{;}k$ une dérivée covariante construite à l'aide des coefficients $\underset{0}{\Gamma}{}^i_{kl}$ de la connexion riemannienne de f_{ik})

(III) $$\left(f^{ik}\underset{-}{R}_{il} - \frac{1}{2}\delta^k_l f^{is}\underset{-}{R}_{is}\right)_{\underset{0}{;}k} \equiv \frac{1}{2}\sqrt{\frac{g}{f}}\,g^{\overset{ik}{\vee}}\left(\underset{\vee}{R}_{ik,l} + \underset{\vee}{R}_{kl,i} + \underset{\vee}{R}_{li,k}\right).$$

Les équations (II) peuvent évidemment être remplacées par les suivantes :

(IV) $$\underset{-}{R}_{ik} = T_{ik}, \qquad \underset{\vee}{R}_{ik,l} + \underset{\vee}{R}_{kl,i} + \underset{\vee}{R}_{li,k} = 4\pi J_{ikl},$$

où T_{ik} désigne un certain tenseur symétrique et J_{ikl} un tenseur complètement antisymétrique, pourvu que

(V) $$\left(T^k_l - \frac{1}{2}\delta^k_l T^s_s\right)_{\underset{0}{;}k} \equiv 2\pi\sqrt{\frac{g}{f}}\,g^{\overset{ik}{\vee}}J_{ikl} \qquad \text{avec} \quad T^k_l = f^{ik}T_{il}.$$

Si nous identifions le tenseur f_{ik} au tenseur fondamental, les tenseurs $\sqrt{g/f}\,g^{\overset{ik}{\vee}}$ et $\underset{\vee}{R}_{ik}$ aux duals ([1]) des champs électromagnétiques $(\bar{E}, \bar{B})$ et $(\bar{D}, \bar{H})$ et le vecteur adjoint (de divergence nulle) du tenseur J_{ikl} à une densité de courant ([2]), le vecteur $\sqrt{g/f}\,g^{\overset{ik}{\vee}}J_{ikl}$ s'identifie lui-même à la force de Lorentz correspondante F_l ([3]) et le tenseur M^k_l tel que

$$M^k_l \equiv N^k_l - \frac{1}{2}\delta^k_l N^s_s, \qquad N^k_l \equiv f^{ik}N_{il}, \qquad N_{il} \equiv \underset{0}{R}_{il} - \underset{-}{R}_{il}$$

($\underset{0}{R}_{il}$ désignant le tenseur de Ricci construit à l'aide des $\underset{0}{\Gamma}{}^i_{kl}$) au tenseur d'impulsion-énergie ([4]) du champ électromagnétique introduit [car, en vertu de (I) et

([1]) Multipliés par deux constantes X et Y.
([2]) Multipliée par (Y/c).
([3]) Multipliée par XY.
([4]) Multiplié par 2πXY.

par suite de (III) :

$$\underset{0}{M}{}_{l;k}^{k} \equiv -\left(f^{ik}\underset{-}{R}_{il} - \frac{1}{2}\delta_l^k f^{is}\underset{-}{R}_{is}\right)_{\underset{0}{;k}} \equiv -2\pi F_l\Big].$$

Le tenseur T_l^k peut, en particulier, être pris de la forme

$$\frac{8\pi G\rho_0}{c^2}\left(u^k u_l - \frac{1}{2}\delta_l^k\right) + \frac{\lambda}{c^2}\delta_l^k$$

(avec ρ_0 = densité de matière au repos, $u^k = (dx^k/ds)$ et λ = constante cosmologique) classique en relativité générale.

L'équation (V) donne alors :

$$\left(\frac{8\pi G\rho_0}{c^2}u^k u_l\right)_{\underset{0}{;k}} = 2\pi F_l \quad \text{ou} \quad c^2\rho_0\left(\frac{du_l}{ds} - \frac{1}{2}u^i u^k f_{ik,l}\right) = \frac{c^4}{4G}F_l$$

(avec $(\rho_0 u^k)_{\underset{0}{;k}} = 0$, $1/2\, u^i u^k f_{ik,l} \equiv u_i u^k \underset{0}{\Gamma}{}_{lk}^i$) et s'identifie ainsi ([5]) aux équations bien connues du mouvement d'un fluide matériel électrisé dans un champ à la fois électromagnétique et gravitationnel, tandis que la première des équations (IV) peut s'écrire :

$$\underset{0}{R}_{ik} = N_{ik} + T_{ik} \quad \text{ou} \quad \left(\underset{0}{R}{}_l^k - \frac{1}{2}\delta_l^k \underset{0}{R}{}_s^s\right) = M_l^k + \left(T_l^k - \frac{1}{2}\delta_l^k T_s^s\right)$$

conformément aux principes de la théorie de la Relativité générale.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie générale des propagateurs*. II. Note (*) de MM. **Hiroomi Umezawa** et **Antoine Visconti**, présentée par M. Louis de Broglie.

Faisant suite à une Note précédente ([1]), la présente Note étudie certaines propriétés des propagateurs et leurs relations avec la théorie usuelle de la renormalisation.

1. Considérons le cas de deux électrons, on peut former par une extension adéquate de l'opérateur de masse $\mathfrak{M}(x, x')$ défini dans ([1]), l'équation de Bethe-Salpeter et donner l'expression de son noyau. Mais on peut aussi exprimer le

---

([5]) Si l'on pose $XY = 4G/c^4$ (le rapport $\sqrt{X/Y}$, qui possède les dimensions d'une longueur, ou le nombre $1/Y$, qui possède les dimensions d'une quantité d'électricité, ou bien encore le nombre $1/X$, qui possède les dimensions d'un champ électrique, restant indéterminé).

(*) Séance du 13 septembre 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 690.

propagateur de ce système comme suit :

$$(1)\quad G(x_1, x_2, x'_1, x'_2) = G(x_1, x'_1)G(x_2, x'_2) - ie_1 \int G(x_1, X''_1)\Gamma_\mu(z', X''_1, X'_1) \times \mathcal{G}_{\mu\nu}(z', z)G(X_1, X'_1)I_\nu[o, z', X_1, x_2, x'_1, x'_2] - (x'_1 \to x'_2),$$

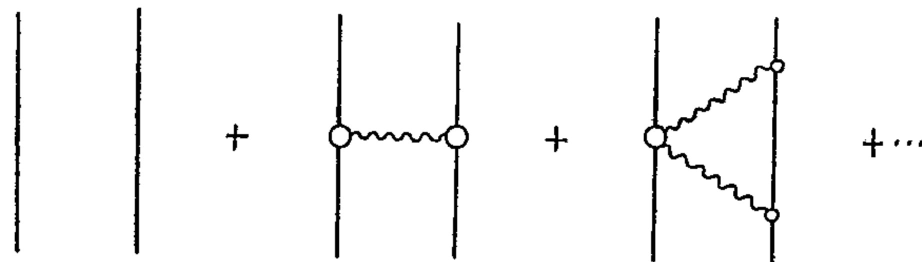
où le crochet $(x'_1 \to x'_2)$ correspond à l'addition de tous les termes obtenus par échange de x'_1 et x'_2 et où le noyau I_ν satisfait à l'équation

$$(2)\quad I_\nu[J, z, X_1, x_2, x'_1, x'_2] = \delta(X_1 - x'_1)\frac{\partial}{\partial \mathcal{G}_\nu[J, z]} G[J, x_2, x'_2] + \int V_{\nu\rho}[J, z, \zeta, X_1, \xi_1] I_\rho[J, \zeta, \xi_1, x_2, x'_1, x'_2].$$

$V_{\nu\rho}$ étant un opérateur différentiel fonctionnel ([2]),

$$(3)\quad V_{\nu\rho}[J, z, \zeta, X_1, \xi_1] = -i\int \Gamma_\sigma[J, \zeta', X_1, \xi'_1]\mathcal{G}_{\sigma\rho}[J, \zeta', \zeta]G[J, \xi'_1, \xi_1]\frac{\partial}{\partial \mathcal{G}_\nu[J, z]}.$$

Une solution formée soit par approximations successives, soit par une méthode de Fredholm convenablement modifiée ([3]) montre que les diagrammes peuvent être tracés à l'aide des propagateurs G : ——; $\mathcal{G}$: ∼∼∼; Γ : o (ces propagateurs incluent toutes les corrections radiatives) :



De plus ces diagrammes ne contiennent ni énergies propres, ni parties relatives aux sommets (formées à l'aide des propagateurs) : ce sont donc des diagrammes irréductibles. Le schéma précédent donne les trois premiers dans un développement par approximations successives, on peut facilement formuler une règle générale pour la formation de ces différents diagrammes.

2. Les équations des propagateurs ne contenant pas λ et λ′ sont covariantes pour les transformations de renormalisation : $\lambda \to C\lambda$, $\lambda' \to C'\lambda'$ transformations équivalentes aux suivantes

$$(4)\quad e_1 \to e_1/C'; \quad G(x, x') \to C^2 G(x, x'); \quad \mathcal{G}(z, z') \to C'^2 \mathcal{G}(z, z')$$

et aux transformations analogues pour les propagateurs de n corps. On en conclut que la détermination du propagateur pour un corps fixe la constante de renormalisation de tous les propagateurs ainsi que la charge.

([2]) Tous les propagateurs dans cette Note sont normés.

([3]) A. Visconti, *J. Phys.*, en cours de publication.

3. La représentation choisie dans la Note I nous amène à définir des états stationnaires sur σ_{I} et σ_{II}, les masses des particules correspondant à ces états sont $m' = m + \Delta m$ (la quantité Δm, différence entre masses mécaniques et expérimentales, est une valeur propre de l'opérateur intégral de noyau $\gamma_4 \mathcal{M}$) : ces particules ne sont donc pas nues, ce sont des particules libres en interaction avec leur champ propre. Supposons, d'autre part, le transformé de Fourier de $\mathcal{M}$ développé comme suit :

$$(5) \qquad \mathcal{M}(p) = \Delta m + \text{B}(\gamma p + m') + (1 + \text{B})(\gamma p + m')\mathcal{M}_1(p)$$

avec $\mathcal{M}_1(p) = 0$ lorsque $\gamma p + m' = 0$. Quelques calculs montrent que le coefficient B devrait être pris égal à 0. Néanmoins, certaines ambiguïtés subsistant dans les passages aux limites, nous fixerons B en choisissant le propagateur des particules libres en interaction avec leur champ propre égal à $\text{S}_{\text{F}}(m', x)$, on a alors $\lambda^2 = 1 + \text{B}$.

4. On montre enfin que la théorie ainsi obtenue est une théorie renormalisée, qu'elle contienne ou non des éléments infinis, en ce sens que toutes les constantes ont été introduites et fixées par seul souci de consistance interne. L'opérateur $\mathcal{M}(p)$ correspond à l'opérateur de masse Σ^* de Dyson et $\mathcal{M}_1(p)$ est la partie finie que Dyson extrait de Σ^*. On voit de plus que $\lambda^2 = \text{Z}_2^{-1}$ et que le propagateur $\text{G}(x, x')$ s'exprime uniquement à l'aide de $\mathcal{M}_1(p)$. Un résultat analogue peut être obtenu pour $\mathcal{G}$ et Γ. On remarquera aussi que la renormalisation de masse a été déjà incluse dans la définition des particules libres en interaction avec leur champ propre et la renormalisation de charge déjà faite dans la Note I : $\lambda'^2 = \text{Z}_3^{-1}$. Enfin, les résultats énoncés aux paragraphes 1 et 2 montrent que les propagateurs de n corps ne comportent plus dans leur expression ni énergies propres, ni parties relatives aux sommets, on peut donc conclure que la renormalisation est achevée pour tous les propagateurs ([4]).

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la possibilité de considérer les potentiels et le champs comme des grandeurs densitaires; nouveau type de quadrivecteur.* Note de M. **Émile Durand**, présentée par M. Louis de Broglie.

Utilisons les coordonnées d'Univers x_1, x_2, x_3, $x_4 = ict$ et considérons le champ électromagnétique B^{pq} produit par des distributions de charges et de courants J^p. Ce champ est régi par les équations de Maxwell

$$(1) \qquad \partial_q \text{B}^{pq} = \mu_0 \text{J}^p, \qquad \partial_q \text{B}^{\overline{pq}} = 0.$$

$\text{B}^{\overline{pq}}$, où les indices sont surmontés d'un trait, désigne le tenseur adjoint de B^{pq}.

([4]) Un article développant les résultats des Notes I et II est en cours de publication.

On sait aussi que ce champ B^{pq} peut être déduit d'un quadripotentiel A^p par la relation

$$B^{pq} = \partial^p A^q - \partial^q A^p. \tag{2}$$

Nous allons montrer que ces tenseurs B^{pq} et A^p, ou plus précisément ces grandeurs prises au temps retardé et divisées par $4\pi r$ peuvent être considérées comme les densités respectives de deux autres tenseurs Θ^{pq} et C^p qui, à des titres divers, sont des grandeurs très intéressantes. On a donc

$$\Theta^{pq} = \iiint [B^{pq}] \frac{dv}{4\pi r}, \qquad C^p = \iiint [A^p] \frac{dv}{4\pi r}, \tag{3}$$

les intégrales de volume étant étendues à tout l'espace et les grandeurs entre crochets devant être prises au temps retardé $\tau = t - (r/c)$. D'après les propriétés connues des intégrales de ce type, on en déduit que l'on a

$$\square\, \Theta^{pq} = B^{pq}, \qquad \square\, C^p = A^p \tag{4}$$

en représentant l'opérateur dalembertien par $\square = c^{-2}\,\partial_t^2 - \Delta$.

Voyons à quoi peuvent servir ces nouveaux tenseurs Θ^{pq} et C^p. Le premier peut servir à définir les potentiels A^p et les antipotentiels A^p_* par

$$A^p = \partial_q \Theta^{pq}, \qquad A^p_* = \partial_q \overline{\Theta^{pq}}. \tag{5}$$

D'après (3), (5) et en vertu de la deuxième équation (1) on a $A^p_* = 0$, c'est-à-dire que les antipotentiels sont nuls.

En comparant (3), (5) aux formules de la théorie des milieux polarisés ([1]), on en déduit que tout l'espace, y compris le vide, peut être considéré comme un milieu polarisé dont le moment M^{pq} par unité de volume est

$$M^{pq} = \mu_0^{-1} B^{pq} \quad \text{ou vectoriellement} \quad \vec{P} = -\varepsilon_0 \vec{E}, \qquad \vec{M} = \vec{\mu}_0^{-1} B, \tag{6}$$

en posant $B^{w} = B^{uv}$, $E^{w} = icB^{w4}$; $icP^{w} = M^{w4}$, $M^{w} = M^{uv}$; les indices d'espace prennent toujours les valeurs 1, 2, 3. Ces formules (6) sont l'expression de la « Théorie de la polarisation du vide » que nous avons exposée longuement dans un Mémoire qui paraîtra dans le Journal de Physique. Le tenseur Θ^{pq} rassemble les deux potentiels de polarisation $\vec{\Theta}$, $\vec{\Pi}$ avec les correspondances $\Theta^{uv} = \Theta^{w}$, $\Theta^{w4} = ic\mu_0 \Pi^{w}$.

De la première équation (5) il résulte que l'on a $\partial_p A^p = 0$, et de (4) et (5) on en déduit la relation

$$B^{pq} = [\partial^p A^q - \partial^q A^p] - ic\mu_0 \overline{[\partial^p A^q_* - \partial^q A^p_*]}, \tag{7}$$

qui n'est pas différente de (2) puisque $A^p_* = 0$.

Voyons maintenant le parti que l'on peut tirer du quadrivecteur C^p. On peut

---

([1]) *Voir* E. Durand, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2504.

en déduire Θ^{pq} par la relation

(8) $$\Theta^{pq} = \partial^p C^q - \partial^q C^p.$$

Avec cette expression (8) de Θ^{pq}, on voit que A_4^p, défini par la dernière équation (5), est bien identiquement nul. De plus dans ces conditions on voit que la première équation (5) donne une valeur correcte pour A^p, en vertu de la dernière équation (4). En définitive, B^{pq} dérive de A^p qui dérive lui-même de Θ^{pq}, ce dernier se déduisant de C^p. L'intérêt de ce dernier quadrivecteur, c'est qu'il est d'une simplicité étonnante dans le cas d'une charge ponctuelle q en mouvement. Soient ξ^u les coordonnées retardées de la charge, x^u les coordonnées du point où l'on considère les grandeurs au temps t; introduisons le quadrivecteur R^p défini par

(9) $$R^u = x^u - \xi^u \quad (u = 1, 2, 3); \qquad R^4 = ir = i\sqrt{R_u R^u}.$$

Le quadrivecteur C^p a alors pour expression

(10) $$C^p = -\frac{qc\mu_0}{8\pi} R^p.$$

De (8), on en déduit

(11) $$\Theta^{pq} = \frac{qc\mu_0}{8\pi} \frac{[R^p V^q - R^q V^p]}{R_r V^r} \qquad (V^p : \text{quadrivitesse relativiste})$$

et de (5) on tire

(12) $$A^p = -\frac{qc\mu_0}{4\pi} \frac{V^p}{R_r V^r}, \qquad A_4^p = 0.$$

On reconnaît en (12) les potentiels de Liénard-Wiechert. Dans toutes ces formules, *pqrs* est le jeu des indices d'Univers 1, 2, 3, 4.

Voici les formules correspondantes pour une distribution continue de courants-charges J^p occupant un volume v

(13) $$\begin{cases} C^p = \dfrac{\mu_0}{8\pi} \displaystyle\int_v R^p R_q [J^q] \frac{dv}{r}, & A^p = \dfrac{\mu_0}{4\pi} \displaystyle\int_v [J^p] \frac{dv}{r}, \\ \Theta^{pq} = -\dfrac{\mu_0}{8\pi} \displaystyle\int_v \{R^p[J^q] - R^q[J^p]\} \frac{dv}{r}, & (J^u = i^u, J^4 = ic\rho) \end{cases}$$

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur une méthode générale d'approximation pour résoudre les problèmes de diffraction.* Note de M. **Maurice Jessel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Établissement d'un système d'équations intégrodifférentielles pour les valeurs aux frontières. Application d'un principe variationnel connu au calcul numérique de certaines fonctionnelles attachées aux problèmes.

1. *Problème élémentaire sur* V. — Étant donné un domaine V et un ensemble de sources $\sigma \subset V$, déterminer la solution (ou les solutions) des équations de Maxwell qui :

a. admette dans V les seules singularités σ;

b. soit nulle hors de V;

c. satisfasse sur la frontière Σ de V à des conditions aux limites données.

2. *Calcul du champ en* $P \in V$. — On connaît ([1]), ([2]) des solutions qui satisfont à *a* et *b*. En régime permanent (e^{jkct}), elles sont définies par les relations

$$\mathbf{H}(P) = \mathbf{rot}\,\mathbf{A}(P) - \frac{1}{jk}(\mathbf{grad}\,\mathrm{div} + k^2)\mathbf{A}'(P), \tag{1}$$

$$\mathbf{E}(P) = \frac{1}{jk}(\mathbf{grad}\,\mathrm{div} + k^2)\mathbf{A}(P) + \mathbf{rot}\,\mathbf{A}'(P), \tag{2}$$

qui peuvent se condenser en

$$\mathbf{G}(P) = \left[\mathbf{rot} + \frac{i}{jk}(\mathbf{grad}\,\mathrm{div} + k^2)\right]\mathbf{F}(P) \tag{3}$$

au moyen de l'opérateur i (*distinct de* j) ([3]) :

$$\mathbf{G} = \mathbf{H} + i\mathbf{E}, \qquad \mathbf{F} = \mathbf{A} + i\mathbf{A}'. \tag{4}$$

Le potentiel vecteur $\mathbf{F}$ provient, soit des sources primaires σ, soit des sources induites sur Σ :

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_\sigma + \mathbf{F}_\Sigma; \tag{5}$$

$$\mathbf{F}_\sigma(P) = \frac{1}{c}\int_\sigma G(P, \sigma)\,\mathbf{K}_\sigma\,d\sigma, \qquad \mathbf{F}_\Sigma(P) = \frac{1}{c}\int_\Sigma G(P, M')\,\mathbf{K}_\Sigma(M')\,d\Sigma_{M'}. \tag{6}$$

Les courants $\mathbf{K}_\sigma = \mathbf{I}_\sigma + i\mathbf{J}_\sigma$ sont donnés et les courants induits se déduisent des valeurs aux limites du champ :

$$\mathbf{K}_\Sigma(M) = \mathbf{I}_\Sigma(M) + i\mathbf{J}_\Sigma(M) = -\frac{c}{4\pi}\mathbf{n}_M \wedge \mathbf{G}(M), \tag{7}$$

G étant la fonction de Green $r^{-1}e^{-jkr}$, $\mathbf{n}_M$ la normale en M à Σ orientée vers l'extérieur de V.

3. *Équation des valeurs aux frontières*. — A partir des relations de 2, l'on peut obtenir une équation pour les courants $\mathbf{K}_\Sigma$. Pour cela l'on fait tendre le point $P \in V$ vers le point $M \in \Sigma$ dans la relation (3) et on la multiplie vectoriellement par $(-c/4\pi)\,\mathbf{n}$, ce qui donne

$$\mathbf{K}_\Sigma(M) = \mathbf{K}_\Sigma^0 - \frac{1}{4\pi}\mathbf{n} \wedge \left[\mathbf{rot} + \frac{i}{jk}(\mathbf{grad}\,\mathrm{div} + k^2)\right]\int_\Sigma G(M, M')\,\mathbf{K}_\Sigma(M')\,d\Sigma_{M'} \tag{8}$$

avec

$$\mathbf{K}_\Sigma^0(M) = -\frac{c\mathbf{n}}{4\pi} \wedge \left[\mathbf{rot} + \frac{i}{jk}(\mathbf{grad}\,\mathrm{div} + k^2)\right]\mathbf{F}_\sigma. \tag{9}$$

([1]) L. de Broglie, *Problèmes de Propagations guidées des ondes électromagnétiques*, p. 98, Paris, 1951.

([2]) E. Durand, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1407.

([3]) B. B. Baker et E. T. Copson, *Huygens' Principle*, p. 106, Oxford, 1951.

Il convient alors de porter dans (8) les conditions aux limites propres à chaque problème particulier.

Supposons, par exemple, que V, qu'on peut considérer comme une cavité ouverte ([4]) de frontières $\Sigma = S + T$, débouche dans une autre cavité V′ de frontières $\Sigma' = S' + T$.

1° Sur les parois parfaitement conductrices S, on aura

$$\mathbf{J}_S = \mathrm{I}m_i \mathbf{K}_S = -\frac{c}{4\pi}\mathbf{n} \wedge \mathbf{E}_S = 0. \tag{10}$$

2° Sur l'orifice T interviendront des conditions de raccordement entre les champs $\mathbf{C}(P \in V)$ et $\mathbf{C}'(P' \in V')$

$$\mathbf{C}_T(M) = \mathbf{C}'_T(M), \qquad \text{soit} \quad \mathbf{K}_T(M) + \mathbf{K}'_T(M) = 0. \tag{11}$$

Pour l'exemple envisagé, l'ensemble des cinq équations (8), (8′), (10), (10′) et (11), où les chiffres primés désignent des relations dans V′, constitue un système qui, pour des raisons physiques, doit comporter une seule solution $\mathbf{K} = \{\mathbf{K}_S, \mathbf{K}_T, \mathbf{K}_{S'}\}$. Nous noterons symboliquement ce système par

$$L\mathbf{K} = \mathbf{K}^0. \tag{12}$$

4. *Principe variationnel.* — Si l'on veut se borner à déterminer quelques grandeurs numériques significatives d'un problème particulier, il est souvent inutile de résoudre explicitement le système (12) ou son analogue. Supposons que la fonctionnelle recherchée Q puisse se mettre sous la forme d'un produit scalaire de $\mathbf{K}$ par une fonction de référence $\mathbf{R}$

$$Q = (\mathbf{K}, \mathbf{R}). \tag{13}$$

Définissant successivement L^* et $\mathbf{K}^*$ par

$$(L\mathbf{U}, \mathbf{W}) = (\mathbf{U}, L^*\mathbf{W}), \tag{14}$$

$$L^*\mathbf{K}^* = \mathbf{R}, \tag{15}$$

on forme les quantités

$$\begin{cases} Q_1 = (\mathbf{K}^0, \mathbf{K}^*) + (\mathbf{K}, \mathbf{R}) - (L\mathbf{K}, \mathbf{K}^*), \\ Q_2 = (\mathbf{K}^0, \mathbf{K}^*)(\mathbf{K}, \mathbf{R})(L\mathbf{K}, \mathbf{K}^*)^{-1}. \end{cases} \tag{16}$$

Alors ([5]), ([6]) Q_1 et Q_2 sont stationnaires autour de la valeur exacte Q pour des variations arbitraires de $\mathbf{K}$ et de $\mathbf{K}^*$ autour des solutions exactes de (12) et (15).

5. *Choix d'une distribution d'essai pour le calcul de* Q. — Voici, dans le cas de la diffraction d'une onde plane par un écran plan à ouverture circulaire, sous

---

([4]) *Comptes rendus*, **238**, 1954, p. 1205.

([5]) P. Roussopoulos, *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 1858.

([6]) C. J. Bouwkamp, *Reports on Progress in Physics*, **17**, 1954, p. 35.

incidence normale, une approximation de **J** qui nous a paru intéressante :

$$(17)\qquad J_\rho \text{ ou } J_\varphi = \left\{ E^0 + A\left[\frac{1}{k\rho} J_1(k\rho) \text{ ou } J'_1(k\rho)\right]\right\} (\sin \text{ ou } \cos)\varphi.$$

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Influence de la polarisation des ondes émises sur la détection radar.* Note (*) de M. **Georges Pircher**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il est connu que dans le calcul d'une liaison entre un émetteur et un récepteur polarisés elliptiquement, s'introduit un facteur de polarisation η égal au produit scalaire de deux vecteurs unitaires E_1 et E_2 représentant respectivement la polarisation caractéristique de l'émetteur et du récepteur. Si les champs sont représentés par leurs composantes rotatoires dans une base S définie par deux vecteurs unitaires tournants direct et inverse par rapport au sens de propagation de l'onde, on montre que $\eta = \overline{E_1^*} E_2$ ($\overline{}$ étant un signe de transposition et * le signe de la conjugaison).

Soit une onde émise par un radar, polarisée elliptiquement et un obstacle diffusant. L'onde réfléchie dans la direction de l'émetteur est polarisée elliptiquement, si cet objet a des dimensions faibles devant la longueur du train d'ondes (cas d'un radar à impulsions).

Soit le vecteur E_1 unitaire représentant le champ de l'onde incidente et le vecteur E_2 unitaire représentant le champ de l'onde réfléchie.

On peut écrire : $E_2 = AE_1$, A étant un opérateur.

Dans le calcul du champ reçu par le radar s'introduit donc un facteur de polarisation :

$$\eta = \overline{E_2^*} E_1 = \overline{(AE_1)^*} E_1,$$

la puissance reçue P_2 est donc affectée d'un facteur $\eta\eta^*$ et la formule classique de liaison radar doit être écrite :

$$P_r = P_0 \frac{G^2\lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \sigma\eta\eta^*,$$

où P_0 est la puissance émise, G est le gain de l'aérien, λ la longueur d'onde, R la distance.

σ est une surface apparente de diffusion indépendante de η, $\eta\eta^*$ peut prendre toutes les valeurs de l'intervalle fermé 0 — 1, en effet; dans la base S :

E_1 s'exprime par une colonne X;

AE_1 s'exprime par une colonne Y;

A s'exprime par une matrice M.

Donc :

$$\eta = \overline{(AE_1)^*} E = \overline{(MX)^*} X,$$

M est caractéristique des propriétés de symétrie de l'obstacle.

(*) Séance du 26 juillet 1954.

Il est facile de vérifier que $\overline{(MX)}^* X = 0$ est résoluble en X quel que soit M, il y a donc une polarisation privilégiée des ondes émises, qui annule la puissance de l'écho reçu, de même $\overline{(MX)}^* X = 1$ est résoluble en X quel que soit M, il y a donc pour chaque obstacle une polarisation privilégiée qui assure le maximum de puissance de l'écho reçu.

L'annulation de l'écho peut être un procédé d'élimination d'échos gênants ou d'identification d'obstacle.

Par ailleurs, l'amélioration du signal reçu d'un obstacle est d'un intérêt évident.

OPTIQUE. — *Étude de la déformation d'une surface d'onde par un écran.* Note (*) de M. MARTIN AXELRAD, présentée par M. Jean Cabannes.

On étudie la déformation d'une onde plane par le bord d'une lame de rasoir. Les déformations sont observées au moyen d'un microscope interférentiel d'ouverture numérique $n \sin u = 1$. A la précision des mesures, on trouve que les déformations sont inférieures à $\lambda/20$.

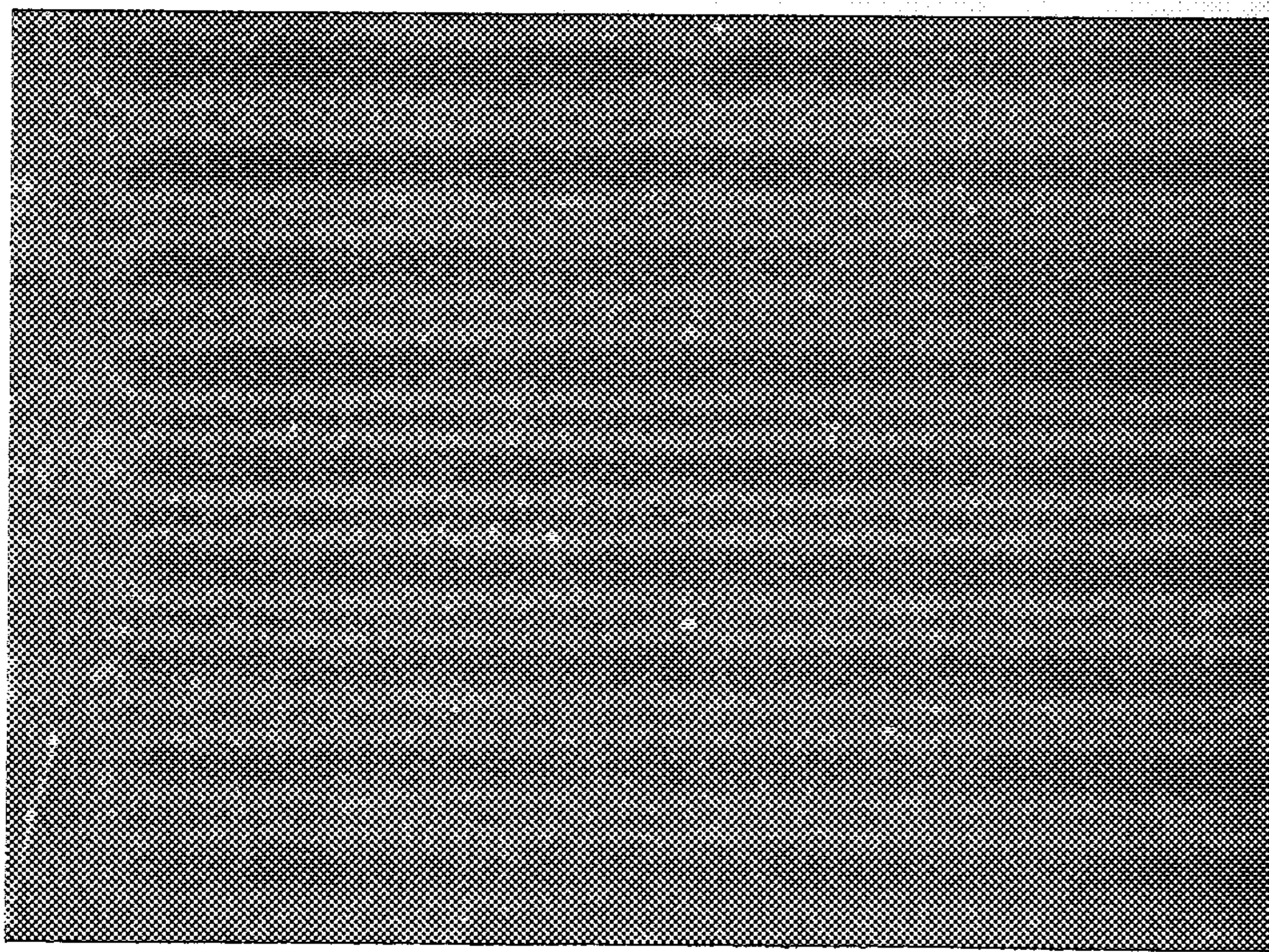
Généralement les études expérimentales de la diffraction ont porté, soit sur la lumière diffractée par l'arête (intensité et état de polarisation) soit sur la répartition d'intensité lumineuse donnée par une onde diaphragmée dans un plan situé à grande distance de l'écran.

Nous avons cherché à examiner directement l'état vibratoire dans le plan même du diaphragme. D'après la théorie de Sommerfeld, la distribution d'amplitude complexe dans l'ouverture n'est pas celle qui serait donnée par l'onde incidente non limitée. Nous avons cherché s'il était possible de mettre en évidence les fluctuations de la phase prévues par Sommerfeld dans le cas d'une onde plane diaphragmée par un demi-plan parfaitement réfléchissant.

Une onde plane est interceptée en partie par un écran à bord rectiligne, une lame de rasoir, et l'on cherche à observer les déformations de l'onde au voisinage du bord de l'écran. D'après la théorie de Sommerfeld, ces déformations ne doivent pas s'étendre à plus de quelques longueurs d'onde du bord de l'écran. Nous avons donc employé un microscope d'ouverture numérique $n \sin u = 1$ donnant une définition suffisante pour le phénomène étudié. Entre la lame de rasoir et l'objectif du microscope se trouve une lame de quartz taillée à 45° de l'axe et orientée de façon que ses franges à l'infini constituées par des franges rectilignes parallèles et équidistantes, soient inclinées à 45° par rapport au bord de l'écran. La lame de quartz produit un dédoublement de l'onde incidente et également du bord de la

(*) Séance du 12 juillet 1954.

lame de rasoir. La lumière incidente est polarisée et ses vibrations sont orientées parallèlement au bord de la lame de rasoir. Un analyseur placé sur l'oculaire permet de faire interférer les vibrations transmises par le système. On observe le bord de l'image ordinaire de l'écran. Dans cette région se trouve aussi l'onde extraordinaire mais loin du bord de l'image extraordinaire de l'écran. On peut admettre que dans la partie utilisée de l'onde extraordinaire de l'écran, les déformations de l'onde extraordinaire sont également négligeables. On a donc l'onde ordinaire et le bord de l'image ordinaire de l'écran avec l'onde extraordinaire, plane dans cette région, comme fond cohérent. Si l'onde ordinaire est déformée au voisinage du bord de l'image ordinaire de l'écran ses déformations peuvent s'observer par interférences avec l'onde plane extraordinaire. Pour la commodité des mesures, on place un petit polariscope de Savart sur l'oculaire, juste avant l'analyseur. Il donne des franges à l'infini rectilignes parallèles et équidistantes. Ces franges se projettent sur l'image du bord de la lame de rasoir et dessinent les déformations de l'onde ordinaire au voisinage du bord de l'image ordinaire de la lame de rasoir.



6,5 μ

On a utilisé l'objectif Koristka $n \sin u = 1{,}05$ de grandissement 30, et de frontale 3 mm. Il a été ainsi possible d'interposer entre la lame de rasoir et l'objectif une lame de quartz d'épaisseur suffisante pour donner un dédoublement de 6,5 μ. Les photographies sont obtenues avec des

temps de pose de l'ordre de 15 h et ne montrent pas de déformations à la précision des mesures de nos expériences qui sont de l'ordre de $\lambda/20$.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Le spectre d'électrons de conversion émis dans la transmutation Ionium → Radium.* Note de MM. **Salomon Rosenblum**, **Manuel Valadares** et **René Bernas**, présentée par M. Frédéric Joliot.

On confirme que le rayonnement de 67,8 keV est un E2. On discute l'attribution de quelques raies nouvelles aux γ plus pénétrants.

Le spectre d'électrons de conversion émis dans la transmutation Ionium → Radium ([1]) a été étudié, pour la première fois, en 1951. Nous avons pourtant cru utile de répéter les expériences avec la source d'Ionium séparé isotopiquement en vue des expériences α([2]), ([3]) dans l'espoir de détecter d'autres composantes β d'électrons de conversion de faible intensité et pouvant correspondre aux nouvelles raies de structure fine α.

L'absorption des électrons dans la source étant négligeable, nous avons obtenu comme premier résultat le dédoublement des raies C et D, signalées dans notre travail antérieur, rendant ce spectre très analogue à celui de la transmutation Radiothorium → Thorium X. Le tableau I contient les résultats de l'examen de la zone spectrale de 49 à 68 keV et l'interprétation des raies comme étant dues à la conversion interne d'un rayonnement γ électrique quadrupolaire (E2) de 67,76 keV.

Tableau I.

Raie.	Intensité.	HR (Oe.cm).	Énergie (keV).	Niveau.	γ (keV).
A..........	100	766,4	49,27	18,48 L_{II}	67,75
B..........	95	790,6	52,28	15,44 L_{III}	67,72
C..........	28	874,1	63,26	4,49 M_{II}	67,75
C_1.........	22	879,4	63,99	3,79 M_{III}	67,78
D..........	14	899,6	66,78	0,97 $N_{II,III}$	67,75
D_1.........	3	905,8	67,65	0,15 O_{III}	67,80
					67,76 keV

Note. — Énergie des niveaux : Mlle Y. Cauchois, *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 113.

Malheureusement, la faible intensité de la source ne nous a pas permis d'exploiter les autres régions spectrales avec la même dispersion. Nous avons

(1) S. Rosenblum et M. Valadares, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 501.

(2) R. Bernas, *J. Phys. Rad.*, 14, 1953, p. 34.

(3) S. Rosenblum, M. Valadares, Mme J. Blandin-Vial et R. Bernas, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 496.

dû recourir à un champ beaucoup plus fort et utiliser une plus grande largeur de source et de fente, de sorte que les autres raies données sont larges et floues. Le tableau II contient les HR et les énergies des raies observées dans ces mauvaises conditions spectrographiques; l'existence de ces raies n'est pas douteuse, mais les énergies données peuvent être entachées d'une erreur pouvant atteindre 3 keV, ce qui empêche une attribution certaine aux sous-couches L.

TABLEAU II.

HR.	E (keV).	HR.	E (keV).
335	11,2	1415	153
397	13,7	1566	183
1251	123	1654	201
1334	138		

De toutes ces raies la plus intense est celle de HR = 1251 Oe.cm déjà signalée dans notre travail antérieur (HR = 1257 Oe.cm = 124 keV); quoique la plus intense de ce groupe, son intensité par rapport à la raie A (HR=766,4 Oe.cm) n'est que 1/300.

Les deux raies HR = 355 Oe.cm et HR = 397 Oe.cm sont probablement deux raies Auger correspondant au niveau L.

Le classement des autres raies est facilité par la connaissance des résultats, soit de la structure fine α, soit du rayonnement γ ([4]). Les raies de 123 et 138 keV doivent correspondre à la conversion dans les niveaux L et M d'un rayonnement d'environ 141 keV; la raie de 153 keV à la conversion dans la couche K d'un rayonnement de 257 keV et finalement les raies de 183 keV et 201 keV à la conversion en L et M d'un rayonnement d'environ 203 keV.

D'après le rapport des intensités électroniques de conversion que nous avons déterminé pour les rayonnements de 67,8 keV et $\sim$141 keV et la connaissance du rapport en photons de ces deux rayonnements, on peut éliminer l'hypothèse que le rayonnement de 141 keV soit un dipôle électrique; il est probable qu'il s'agit d'un rayonnement M_1 ou E_2.

En ce qui concerne le rayonnement de 257 keV on observe seulement la conversion dans la couche K, ce qui montre que le rapport nombre d'électrons K/nombre d'électrons L est élevé, c'est-à-dire que la polarité de ce rayonnement est faible.

Par contre, pour le rayonnement d'environ 203 keV on n'observe pas la conversion dans la couche K, ce qui conduit à penser qu'il s'agit d'un rayon-

([4]) *Voir* bibliographie de référence (3) et encore R. Roy et Mlle M. Goes, *Nature*, 172, 1953, p. 360; G. Valladas, *Thèse*, Paris, 1954; P. Falk-Vairant, J. Teillac, G. Valladas et Mme Benoist, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1409; Mme Benoist, J. Teillac, G. Valladas et P. Falk-Vairant, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1656; G. Valladas, J. Teillac, P. Falk-Vairant et Mme Benoist, *J. Phys. Rad.* (sous presse).

nement à polarité supérieure à 2. L'imprécision des mesures est encore telle que l'on peut se demander si ce rayonnement de 203 keV correspond vraiment au passage 67,8 + 141 keV, ou s'il s'agit d'un autre passage. Le schéma des niveaux de Ra 226*, d'après nos résultats, est compatible avec l'ensemble des autres résultats expérimentaux bien établis.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Contribution à l'étude de la réaction* $^{13}C(\alpha, n)^{16}O$. Note de MM. **Maurice E. Nahmias** et **Pierre Savel**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'observation des particules α émises par le bore sous l'action des neutrons issus de la réaction $^{13}C(\alpha, n)^{16}O$ a permis de fixer à 10.10^{-27} cm² ± 1, la section efficace de cette réaction, pour des particules α de 5 MeV.

Cette réaction offre un moyen d'étudier les états excités du noyau composé ^{17}O dont un niveau très large avait été signalé par Nuckolls et al. (1). Dans un rapport préliminaire (n° 3) de l'A. E. C. des U. S. A. Anderson, en 1948, donnait un rendement de 1,1 neutrons pour 10^7 α du Po sur le carbone. Comme la réaction $^{12}C(\alpha, n)^{15}O$ n'est possible qu'avec des α de plus de 8,4 MeV on en déduit que le nombre donné par Anderson est relatif à la fraction de 1 % de l'isotope ^{13}C. On remarque toutefois que dans leur article récapitulatif de 1950, Hornyak et al. (2) signalent que la réaction $^{13}C(\alpha, n)$ n'avait pas été observée à cette date. Elle ne figure pas non plus dans les *Nuclear Data* du *Bureau of Standards*.

En 1951 Jones et Wilkinson (3) irradiant une cible de ^{13}C avec des α de 1,05 MeV, détectent les neutrons de cette réaction au moyen d'une chambre d'ionisation contenant du deutérium sous 38 atm. Reprenant ce travail en 1953, ces auteurs (4) établissent la fonction d'excitation de la réaction avec des α de 1 à 2 MeV, en irradiant une cible de carbone naturel et en observant les neutrons au moyen d'un cristal de NaI (Tl). Ils mettent ainsi en évidence deux résonances pour des énergies des particules α de 1066 ± 5 keV et 1344 ± 10 keV. Le cristal de NaI étant également sensible aux rayons γ, les auteurs n'excluent pas l'immixtion de la réaction $^{12}C(\alpha, \gamma)^{16}O$ et des états excités de ^{16}O. Dans leurs deux notes Jones et Wilkinson ne donnent pas de valeur de la section efficace de la réaction $^{13}C(\alpha, n)$.

Il nous a paru intéressant d'étudier cette réaction quantitativement, avec des particules α du polonium et le détecteur à fils mis au point par l'un de

(1) *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 805.
(2) *Rev. Mod. Phys.*, 22, 1950, p. 346.
(3) *Proc. Phys. Soc.*, A 64, 1951, p. 756.
(4) *Proc. Phys. Soc.*, A 66, 1953, p. 1176.

nous ([5]). Des mesures alternées ont été faites en irradiant soit du carbone naturel soit du carbone enrichi à 65 % de ^{13}C (fourni par Harwell), avec une source de Po de 34 mc déposé sur Ag. Source et cible de carbone étaient placées sur un compteur à 15 fils dont la cathode était enduite d'une mince pellicule de bore. L'ensemble était entouré par des briques de paraffine. La différence entre le nombre de particules α émises par le bore sous l'influence des neutrons issus des cibles de ^{13}C ou de ^{12}C était de $12,5 \pm 0,5$ impulsions/h, soit environ deux fois le mouvement propre.

La réaction $^{9}Be(\alpha, n)^{12}C$, dans les mêmes conditions expérimentales nous donne 740 impulsions/h. On peut ainsi calculer la section efficace de $^{13}C(\alpha, n)$ en prenant $0,3.10^{-24}$ cm^2 pour celle de $^{9}Be(\alpha, n)$, valeur interpolée, pour une énergie moyenne de 4 MeV des α du Po, à partir d'une courbe des sections efficaces donnée par Halpern ([6]). On trouve pour la section efficace de $^{13}C(\alpha, n)$: 10.10^{-27} cm$^2 \pm 1$ mb.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude thermodynamique expérimentale de la surstructure platine, cuivre* PtCu. Note (*) de MM. **Pierre Assayag** et **Maurice Dodé**, transmise par M. Frédéric Joliot.

La transformation ordre-désordre dans les alliages a été longtemps considérée par la plupart des physiciens comme étant une transformation homogène, tandis que de leur côté les chimistes faisaient le plus souvent apparaître sur les diagrammes d'état des régions où l'alliage était admis formé de deux phases solides en équilibre. En fait, peu de données existent actuellement sur les surstructures qui permettent de préciser la nature véritable de cette transformation ordre-désordre et, à notre connaissance, il n'y a que pour les surstructures PtCo ([1]) et $AuCu_3$ ([2]) que l'on a réussi à mettre en évidence l'existence certaine de régions hétérogène. La difficulté provient de ce que les méthodes employées pour étudier ce phénomène, diffraction de rayons X, mesures de résistivité électrique, métallographie, mesure de chaleurs spécifiques, se prêtent mal à la mise en évidence de l'existence éventuelle de phases en équilibre ou d'une discontinuité réelle dans l'énergie interne.

L'étude des pressions d'équilibre d'oxydation des alliages platine-cuivre, en fonction du titre en cuivre, nous a permis de démontrer, sans ambiguïté possible, par une variation de la variance du système, l'existence de zones de

([5]) P. Savel, *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 2596.
([6]) *Phys. Rev.*, **76**, 1949, p. 248.

(*) Séance du 20 septembre 1954.
([1]) J. B. Newkirk, R. Smoluchowski, A. H. Geisler et D. L. Martin, *J. Appl. Phys.*, **22**, n° 3, 1951, p. 290.
([2]) F. N. Rhines et J. B. Newkirk, *Trans. A. S. M.*, **45**, 1953, p. 1029.

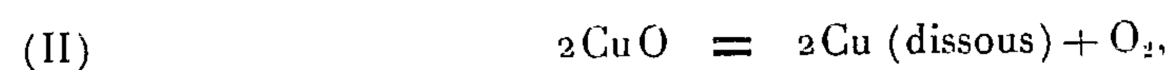
composition pour lesquelles l'alliage est constitué de deux phases en équilibre, et de déterminer avec précision la composition des dites phases.

En l'absence de tout autre constituant, la dissociation de l'oxyde cuivrique est un phénomène monovariant

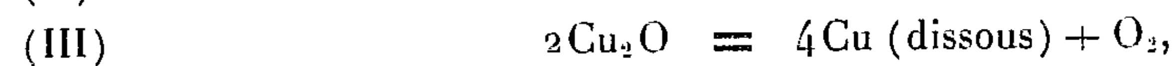


$$(I) \qquad 4CuO = 2Cu_2O + O_2$$

et le cuivre ne peut pas être en équilibre avec l'oxyde CuO. Il n'en est plus de même en présence d'un métal noble ; celui-ci sert en effet de solvant au cuivre, dont le potentiel chimique peut ainsi se trouver diminué dans des proportions considérables, ce qui relève en conséquence les pressions d'équilibre d'oxygène. Les deux équilibres de dissociation :



$$(II) \qquad 2CuO = 2Cu\ (\text{dissous}) + O_2,$$



$$(III) \qquad 2Cu_2O = 4Cu\ (\text{dissous}) + O_2,$$

sont alors observables. La présence du métal noble augmentant le nombre des constituants indépendants d'une unité, ces deux équilibres (II) et (III) seront en général bivariants ; la présence de trois phases solides est en effet devenue nécessaire pour que la variance soit l'unité.

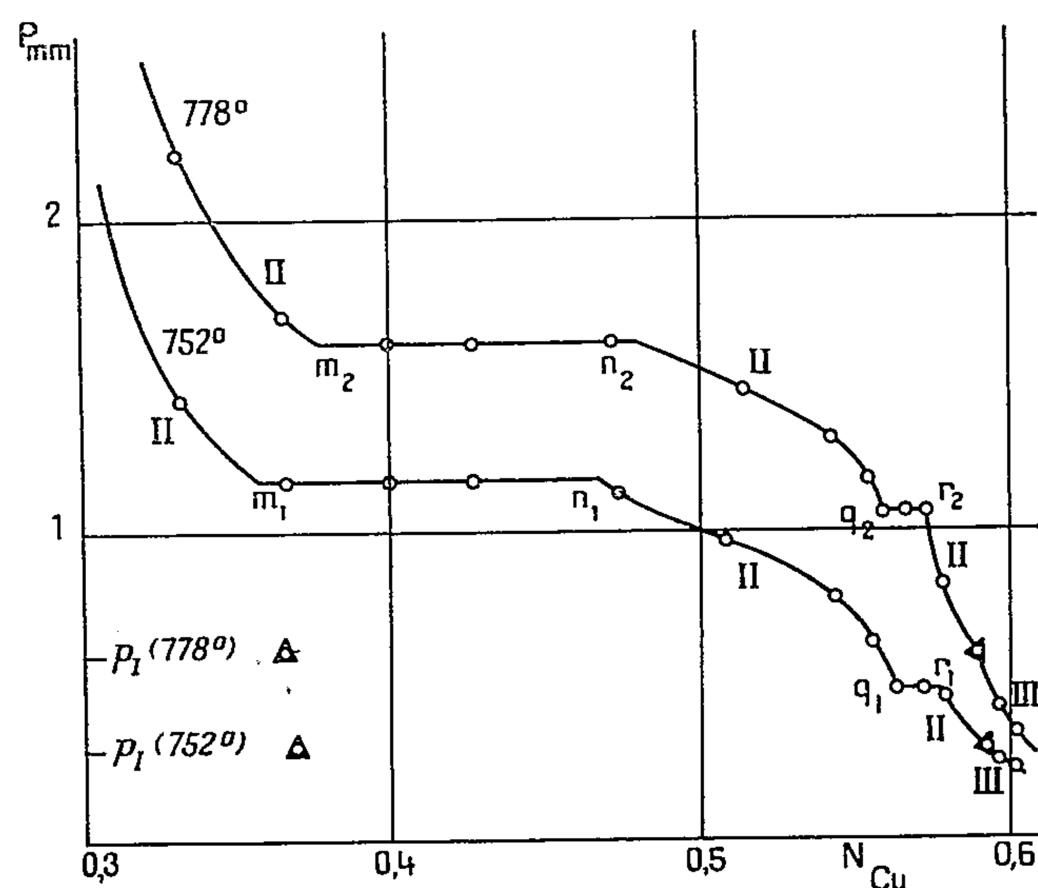


Fig. 1.

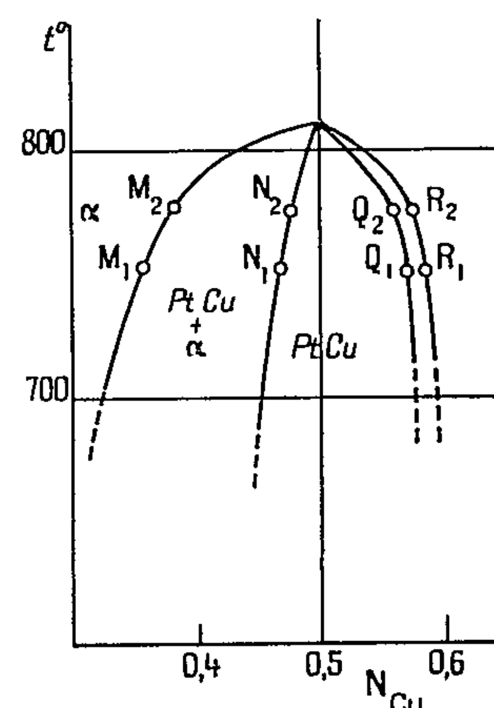


Fig. 2.

La figure 1 représente les variations de la pression d'équilibre d'oxygène des réactions II et III, pour les alliages cuivre-platine, en fonction du titre en cuivre dans l'alliage, pour les températures de 752 et 778° C, aux environs du titre N = 0,5. Les courbes présentent chacune deux paliers, situés de part et d'autre de la composition Pt Cu. Soient m, n, q, r, les titres aux extrémités des paliers et p_m, p_n, p_q, p_r, les pressions d'oxygène correspondantes ; on voit

que l'on a

$$p_m = p_n \quad \text{et} \quad p_q = p_r.$$

Ces valeurs étant toutes deux supérieures à la pression d'équilibre p_1 de la réaction (I), l'oxyde en équilibre avec les alliages m, n, q et r est le même, l'oxyde cuivrique CuO. Désignant par a l'activité du cuivre dans l'alliage, on a donc également :

(IV) $$a_m = a_n \quad \text{et} \quad a_q = a_r.$$

Du point de vue de la règle des phases, lorsque la pression d'oxygène devient constante, c'est que la variance est diminuée d'une unité : Il y a donc apparition d'une nouvelle phase. En l'absence de l'autre oxyde Cu_2O, c'est donc qu'il y a formation d'une nouvelle phase au sein de l'alliage lui-même. Ainsi, pour une température donnée, les relations (IV) indiquent que les alliages m et n d'une part, q et r de l'autre, sont en équilibre.

Entre les compositions n et q, la variance redevient deux; l'alliage ne comporte donc plus qu'une seule phase : le domaine entre n et q est le domaine d'existence du composé Pt Cu.

Il est aisé de reporter sur le diagramme d'état cuivre-platine (*fig.* 2) les points M, N, Q, R correspondant aux extrémités des paliers. On obtient ainsi les limites des domaines à deux phases qui séparent la phase ordonnée de la phase désordonnée, ce qui met en évidence sans ambiguïté l'existence d'une transformation du premier ordre. Les limites M et R sont en bon accord avec les températures critiques données par A. Schneider et U. Esch [3].

En supposant, en première approximation, que les pressions d'équilibre p_n et p_q suivent une loi de la forme

$$\log p = A + \frac{B}{T},$$

on trouve 802°C pour la température critique de la surstructure elle-même; les valeurs expérimentales sont comprises entre 800 et 812°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et propriétés de la* di (*tétrahydrofuryl*) *et de la* di-(*tétrahydropyryl*) *amine*. Note (*) de M. **Charles Glacet** et Mlle **Thérèse-Marie Deram**, présentée par M. Marcel Delépine.

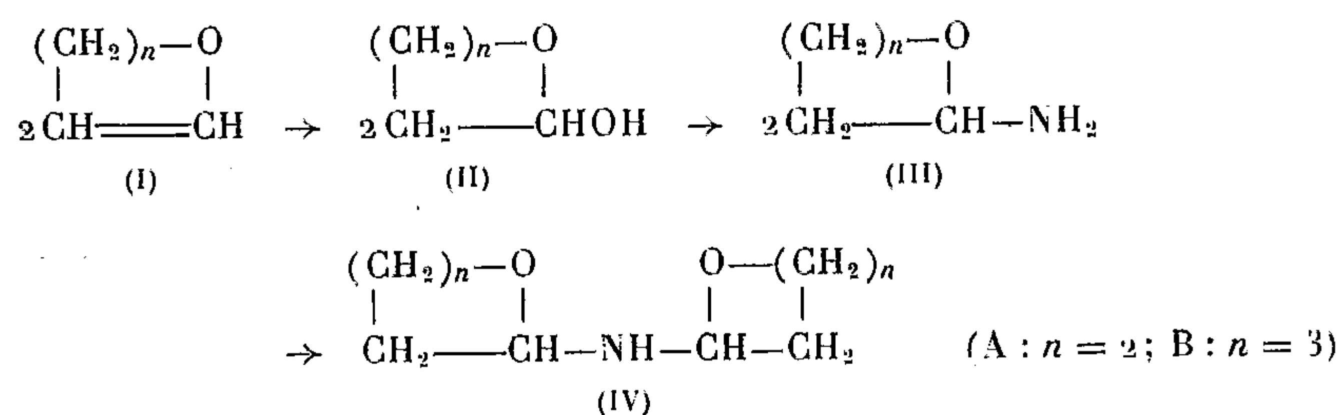
Ces deux *di*-époxyamines se préparent avec de bons rendements par action de l'ammoniac sur les hémiacétals correspondants. Leur structure résulte de l'étude de l'hydrolyse et de l'hydrogénolyse par l'alcool et le sodium

Les amines époxylées symétriques (IV A, IV B) se forment par action de l'ammoniac sur les hémiacétals (II A, II B); ceux-ci sont obtenus à partir des

(3) *Z. Elektrochem.*, 50, 1944, p. 290.

(*) Séance du 20 septembre 1954.

oxydes vinyliques (I A, I B) dans des conditions expérimentales voisines de celles qu'indique R. Paul (¹).



La préparation de la *di* (tétrahydropyryl) amine a été plus particulièrement étudiée. Lorsque l'hémiacétal et l'ammoniac sont employés dans le rapport moléculaire 2/1 les résultats sont décevants, quels que soient l'ordre d'introduction des réactants, la température et le solvant utilisés; un excès d'ammoniac fournit au contraire des rendements intéressants dans des conditions expérimentales très diverses.

La technique suivante est économique et transforme l'α-hydroxy tétrahydropyranne avec un rendement de 85 à 96 % : la solution aqueuse de 1 mole d'hémiacétal est ajoutée à la solution commerciale de 1,25 mole d'ammoniac refroidie à +3 +7°; après une demi-heure à une nuit de contact l'amino-époxyde est relargué par addition de CO_3K_2 et distillé. La *di* (tétrahydropyryl) amine résulte vraisemblablement de la dismutation de la tétrahydropyrylamine (III B) formée par élimination d'eau entre l'ammoniac et l'hémiacétal; en effet c'est en favorisant la formation de (III B) par la présence d'un excès d'ammoniac que l'on obtient les meilleurs rendements en (IV B). Cette interprétation est confirmée par l'isolement, au cours d'une distillation rapide, d'une fraction importante dont le point d'ébullition $É_{16}$ 45-50° correspond à celui que l'on calcule pour la tétrahydropyrylamine; la décomposition spontanée de cette fraction en (IV B) et ammoniac fournit une justification supplémentaire. L'amine secondaire est isolée directement si l'on fait précéder la distillation d'un chauffage d'une demi-heure à 80° et sous vide partiel.

La *di* (tétrahydrofuryl) amine (IV A) est moins stable que (IV B); sa préparation s'effectue de façon analogue, il est toutefois avantageux de sécher le produit relargué par additions successives de CO_3K_2. Le rendement en première distillation est de 60-65 % du dihydrofuranne (²); une deuxième distillation donne le produit pur avec un rendement de 40-45 %. Ce corps se transforme en quelques jours en une résine visqueuse.

(¹) *Bull. Soc. Chim.*, (5), **1**, 1934, p. 971; R. PAUL, M. FLUCHAIRE et G. COLLARDEAU, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **17**, 1950, p. 670.

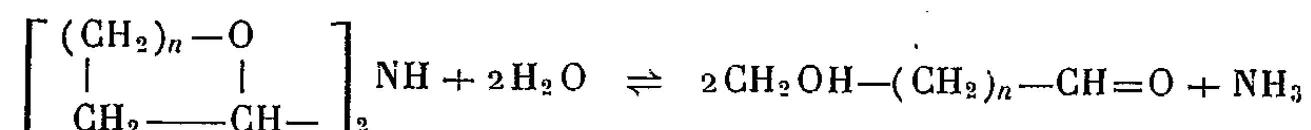
(²) Produit fourni par M. Paul.

Di (tétrahydrofuryl) amine (IV A) $C_8H_{15}O_2N$: $É_{0,8}$ 85-85°,5, n_D^{16} 1,4843, d_4^{16} 1,077; R. M. 41,78 (calculé 41,63). N % (acidimétrie) : trouvé 8,82, calculé 8,91.

Di (tétrahydropyryl) amine (IV B) $C_{10}H_{19}O_2N$: $É_{0,4}$ 84°,5, $É_{10}$ 130-132° (légère décomposition), n_D^{12} 1,4887, d_4^{12} 1,050; R. M 50,80 (calculé 50,87) N % : trouvé 7,54, calculé 7,56.

Le spectre Raman ne comporte pas de fréquence de liaison multiple, ce qui permet de rejeter la structure iminoalcool; l'examen des points d'ébullition conduit à la même conclusion.

Ces deux aminoépoxydes sont miscibles à l'eau, toutefois leurs solutions aqueuses colorent rapidement le Schiff, ce qui traduit l'hydrolyse :



La *di* (tétrahydrofuryl) amine s'hydrolyse rapidement; à 20°,6 et en solution initialement N/10 le pH d'équilibre est atteint en moins de douze minutes; sa valeur élevée (11,20) semble correspondre à une forte proportion d'ammoniaque. La solution de *di* (tétrahydropyryl) amine évolue plus lentement et il est facile de suivre la variation de son pH en fonction du temps. Pour la même concentration initiale N/10, mais à 21°,6, le pH se stabilise en 45 mn à 10,63; cette valeur très inférieure à celle que présente une solution N/10 d'ammoniaque montre que l'hydrolyse est ici très incomplète. L'extrapolation au temps 0 de la courbe pH $= f$ (temps) permet de calculer la constante de dissociation de la *di* (tétrahydropyryl) amine non hydrolysée : $Kb = 10^{-8,1}$. Cet aminoépoxyde, bien que possédant une fonction amine secondaire, est une base très faible, à peine plus forte que la pyridine; ceci est dû probablement à la délocalisation du doublet libre de l'atome d'azote vers les atomes d'oxygène.

L'hydrolyse est plus complète en milieu acide; en opérant en présence de 85 % de la quantité théorique de dinitro-2-4 phénylhydrazine (D. N. P.) nous avons isolé : à partir de (IV A), la D. N. P. de l'ω-hydroxy butanal (48 %), F 118° (3), et à partir de (IV B), la D. N. P. de l'ω-hydroxy pentanal (76 %), F 114° (4).

L'hydrogénation chimique de la *di* (tétrahydropyryl) amine a été effectuée par l'alcool et un excès de sodium à 85-100°. Comme dans le cas de l'α-amylamino tétrahydropyranne (5) on a observé l'hydrogénolyse des liaisons C_α— N et C_α— O, cette dernière coupure étant toutefois plus importante.

(3) R. Paul et S. Tchelitcheff, *Bull. Soc. Chim.* (5), 15, 1948, p. 197.

(4) Woods et Sanders, *J. Am. Ch. Soc.*, 68, 1946, p. 2483; C. Glacet, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 637.

(5) C. Glacet, *Bull. Soc. Chim.* (5), 20, 1953, p. 1056.

Mode d'hydrogélynose.	Taux (%).	Produits formés.
—O—C-¦-NH-¦-C—O—...	18	$NH_3 + \langle\ \rangle O$
—O—C-¦-NH—C-¦-O—...	4 à 5	$CH_2OH-(CH_2)_4-NH_2 + \langle\ \rangle O$
—O-¦-C—NH—C-¦-O—...	55	$[CH_2OH-(CH_2)_4-]_2NH$

La structure de la *di*(ω-hydroxyamyl) amine obtenue dans cette réaction sera établie dans une prochaine publication.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Stéréospécificité de l'action cyclisante du trifluorure de bore dans la production de la* cis-(2.6)-*méthyl*-2_2, *α-irone.* Note de M. **Yves-René Naves**, présentée par M. Marcel Delépine.

Parmi tous les agents de cyclisation des pseudo-irones, seulle trifluorure de bore livre avec des rendements intéressants les *cis*-(2.6), α-irones. Ceci demeure vrai pour la cyclisation des homologues par substitution dans le chaînon buténonique. Les relations entre caractères spectrométriques ou organoleptiques des *cis*-(2.6)- et des *trans*-(2.6)-irones se retrouvent entre homologues stéréoisomères.

J'ai montré que la cyclisation de mélanges des *cis*- et *trans*-pseudo-irones (méthyl-3-pseudo-ionones) [1] ou de préparations de *trans*-pseudo-irone [2] par le trifluorure de bore, réactif introduit dans la production des ionones et de leurs homologues par Garry C. Kitchens, conduit à des rendements intéressants en *cis*-(2.6), α-irones (α-irone; néo-α-irone), tandis que l'emploi des cyclisants communs dans l'industrie des ionones (par exemple l'acide phosphorique 85 % ; l'acide sulfurique 60-62 %) ne livre guère que les *trans*-(2.6), α-irones (iso-α-irones). Dans l'état actuel de nos connaissances des réactifs de cyclisation des pseudo-irones, nous pouvons donc parler d'une véritable stéréospécificité du trifluorure de bore. Les observations publiées par d'autres auteurs [3] qui paraîtraient infirmer cette constatation renferment d'évidentes contradictions [4] et portent ainsi en elles-mêmes leurs démentis.

Tandis que les *trans*-(2.6), α-irones exhalent l'odeur et l'arôme de violette, leurs stéréoisomères *cis*-(2.6) possèdent l'odeur fine d'iris et le goût de framboise. Évaluée par la méthode du minimum perceptible, la puissance odorante de ces derniers est approximativement le décuple de celle des iso-α-irones [5].

(1) Y.-R. Naves, *Helv. Chim. Acta*, 31, 1948, p. 1103; *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. M 321 ; brevet américain n° 2 517 800 et brevets correspondants.

(2) Y.-R. Naves et Ardizio, *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. M 794; Y.-R. Naves, *ibid.*, 1954, p. M 667.

(3) Seidel, Schinz et Ruzicka, *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 2121-2123; Firmenich et Cie, brevets suisses n°s 285 988; 285 989; 285 990 et demande de brevet allemand (Schinz, inventeur), n° F 6856 IV C/12 o.

(4) Y.-R. Naves, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. M 668.

(5) Y.-R. Naves, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1168.

J'expose aujourd'hui que la stéréospécificité du trifluorure de bore s'étend à la production d'homologues des cis-(2.6), *α-irones par substitution dans le chaînon buténonique,* par exemple à celle des méthyl-2_2, *cis*-(2.6), α-irones. Un exposé plus détaillé, assorti d'autres exemples, sera publié ultérieurement.

Assisté par M. A. V. Grampoloff, j'ai obtenu précédemment, en cyclisant par l'acide phosphorique un mélange de méthyl-9-pseudo-irones stéréoisomères, une préparation de méthyl-irones donnant 80 % de la semicarbazone F 214-216° d'une méthyl-2_2, α-irone ([6]). De nouvelles tentatives, poursuivies avec le concours de M. P. Ardizio, ont confirmé ce résultat en livrant en outre, en très petites proportions (au plus 3 %), la semicarbazone F 189-190° d'une autre méthyl-2_2, α-irone. En utilisant, pour traiter la matière première, non l'acide phosphorique, mais le trifluorure de bore, nous avons réalisé des mélanges dont j'ai obtenu jusqu'à 40 % de la semicarbazone F 189-190°.

A la semicarbazone F 214-216° (λ_{max} 264 mμ ; ε 30 100 ; C_2H_5OH 96 %) correspondent deux dinitro-2.4-phénylhydrazones rouge rubis F 146-147° (λ_{max} 383 mμ ; ε 29 400 ; $CHCl_3$) et F 164-165° (λ_{max} 383 mμ ; ε 29 200 ; $CHCl_3$) à celle F 189-190° une (λ_{max} 263 mμ ; ε 29 400 ; C_2H_5OH 96 %) une DNP jaune orangé vif, F 165,5-166° (λ_{max} 382 mμ ; ε 29 200 ; $CHCl_3$) ; les mélanges des DNP F 146-147° et F 164-165° avec la DNP F 162,5-163° fondent au-dessous de 140°.

L'hydrolyse des semicarbazones F 214-216° et 189-190° par une solution aqueuse bouillante d'acide phtalique a livré les cétones pures dont les caractères respectifs sont les suivants :

$E_{2,2}$ 113-114° (114-115°) ; d_4^{20} 0,9336 (0,9363) ; n_C^{20} 1,49890 (1,49932) ; n_D^{20} 1,50288 (1,50330) ; n_F^{20} 1,51253 (1,51296) ; $n_F - n_C$ = 0,01363 (0,01364) ; ERM_D + 1,36 (+ 1,19) ; λ_{max} 234,0 mμ (233,0 mμ) ; ε 15 600 (15 300) dans C_2H_5OH 96 % ; λ_{max} 230,0 mμ (227,0 mμ) ; ε 14 800 (15 200) dans l'isooctane.

La structure méthyl-2_2, α-irones a été confirmée par l'oxydation par l'hypoiodite de sodium, par l'absence dans les spectres d'absorption infrarouge des caractères liés au chaînon — CH = CH — et par l'étude des produits d'hydrogénation dont il sera rendu compte ultérieurement.

En comparant les caractères des deux cétones à ceux des irones *cis*- et *trans*-(2.6), j'ai attribué la structure *trans* à celle dont la semicarbazone F 214-216°. Il existe un parallélisme évident entre certains caractères de l'absorption infrarouge des deux couples d'isomères ([7]). Aux bandes fortes de nombres d'ondes (cm^{-1}) 1060 et 793 des *cis*-(2.6), α-irones correspondent des bandes fortes 1067 et 795 de leurs homologues tandis qu'à celles 1052

([6]) Y.-R. Naves, Grampoloff et Bachmann, *Helv. Chim. Acta*, 30, 1947, p. 1612 ; Y.-R. Naves, demande de brevet américain n° 6360 du 4 février 1948.

([7]) Y.-R. Naves, *Perfumery record*, 45, 1954, p. 126 ; *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. M 325 et 668.

et 809 des *trans*-(2.6), α-irones correspondent les bandes 1052 et 807 des méthyl-2_2-*trans*-(2.6), α-irones.

De même que dans le cas des irones, la méthyl-2_2-*cis*-(2.6), α-irone présente une nette supériorité olfactive et gustative sur son stéréoisomère. Son odeur est puissante, ample, à notes boisée et poudrée, alors que celle du stéréoisomère est mince et caractérisée par une note fleurie.

L'étude d'autres homologues (en 2_2 ou en 2_4), notamment spectrométrique ou organoleptique, m'a conduit à des observations analogues.

CHIMIE ORGANIQUE. — *De l'influence de certains groupements sur le pouvoir gélatinisant des uréthanes et des urées substituées aromatiques.* Note (*) de MM. **Gérard Desseigne** et **Jean Tranchant**, présentée par M. Paul Pascal.

On étudie par une méthode d'observation microscopique le pouvoir gélatinisant d'uréthanes substituées de la série aromatique et de diverses urées substituées symétriques ou asymétriques.

Les résultats obtenus permettent de définir les fonctions qui aident, ou qui nuisent à la gélatinisation des nitrocelluloses par de tels composés.

La littérature ne fournit pas beaucoup de renseignements sur le pouvoir gélatinisant des corps vis-à-vis de la nitrocellulose. En particulier on ne relève que peu d'études systématiques concernant les fonctions possédant ou non ce pouvoir.

Cette Note décrit une étude effectuée sur les uréthanes et urées substituées aromatiques dans lesquelles nous avons introduit des chaînes et fonctions diverses afin de rechercher l'influence de chacune d'elles sur le pouvoir gélatinisant vis-à-vis de la nitrocellulose.

Pour tous ces essais le pouvoir gélatinisant a été évalué par observation microscopique de fibres de nitrocelluloses de taux d'azote variant de 10,5 à 14,0 %, placées au contact, à froid et à chaud, d'une goutte ou de quelques cristaux du produit envisagé.

Les résultats obtenus permettent donc un classement comparatif des divers corps, mais ne fournissent pas la vitesse de gélatinisation de chacun d'entre eux, ni la limite de concentration nécessaire pour observer un tel phénomène.

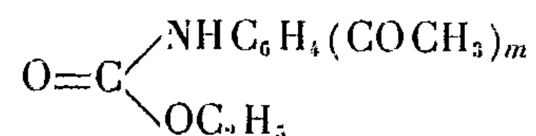
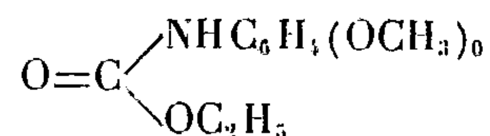
Les uréthanes substituées que nous avons étudiées peuvent se classer en trois séries :

1° Dérivés de la phényluréthane éthylique, par substitution à l'hydrogène libre lié à l'azote de radicaux aliphatiques ou aromatiques

2° Dérivés de la phényluréthane éthylique, par substitution sur le noyau aromatique de diverses fonctions :

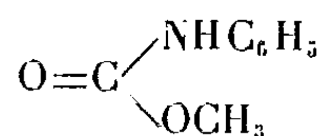
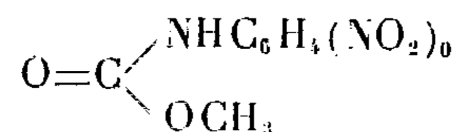
(*) Séance du 20 septembre 1954.

Exemple :

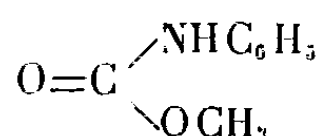
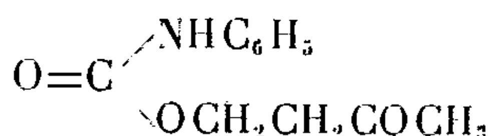
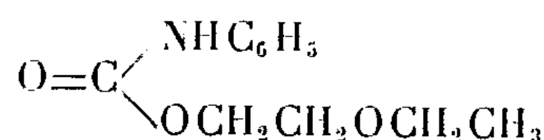
3° Phényluréthanes méthyliques monosubstituées :

Exemple :

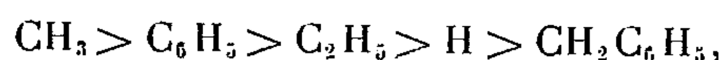



4° Phényluréthanes à radical variable lié à l'oxygène :

Exemple :

Les résultats obtenus montrent que, dans le premier cas, le pouvoir gélatinisant moyen du substitut sur l'azote peut être classé comme suit :



$$CH_3 > C_6H_5 > C_2H_5 > H > CH_2C_6H_5,$$

Dans le second cas, on observe qu'une substitution d'une fonction cétone sur le moyen phénylique augmente nettement le pouvoir gélatinisant, ainsi qu'une substitution de fonction amide aromatique, quoique à un degré moindre. Par contre, la substitution semblable d'une fonction éther-oxyde annule presque totalement le pouvoir gélatinisant de l'uréthane.

Dans le troisième cas, on remarque toujours que le radical méthyle est plus favorable à la gélatinisation que le radical éthyle, tandis que l'introduction du groupe nitré sur le noyau affaiblit le pouvoir gélatinisant du produit.

Dans le quatrième cas, le pouvoir gélatinisant moyen de la chaîne liée à l'oxygène décroît comme suit : $CH_3 > C_2H_5 > C_4H_9 > C_{12}H_{25}$, cette dernière chaîne, très longue, annulant pratiquement la propriété gélatinisante.

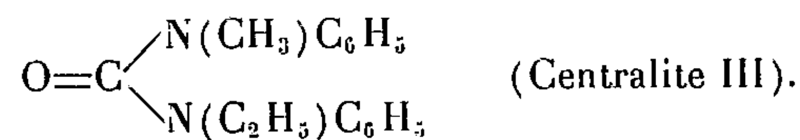
De plus, là encore, si une fonction cétone augmente considérablement le pouvoir gélatinisant de l'uréthane, une fonction éther-oxyde l'annule totalement.

D'une manière générale on constate donc que la fonction cétone est particulièrement avantageuse, alors que la fonction éther-oxyde est néfaste. Par ailleurs, il y a lieu de substituer les chaînes les plus courtes possible pour conférer aux uréthanes un pouvoir gélatinisant élevé.

Enfin, toutes choses égales d'ailleurs, la substitution sur l'azote se montre plus efficace vis-à-vis du pouvoir gélatinisant que les modifications apportées à la chaîne liée à l'oxygène.

Les urées substituées essayées sont les suivantes :

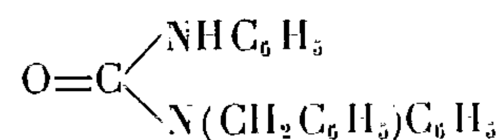
N-méthylphényl N′-éthylphénylurée :



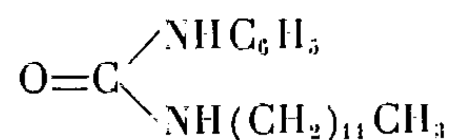
NN′-diéthyl NN′-diphénylurée :



N-phényl N′-phénylbenzylurée :



N-phényl N′-laurylurée :



De même que pour les uréthanes, nous avons observé que les longues chaînes substituées sur l'azote d'une phénylurée avaient un effet néfaste sur le pouvoir gélatinisant du produit.

Par ailleurs, on peut noter ainsi le pouvoir gélatinisant moyen décroissant des substituts sur l'azote des NN′-diphénylurées $CH_3 > C_2H_5 > CH_2-C_6H_5$.

En conclusion générale, on peut remarquer que, qualitativement et sous ce mode d'observation, les urées substituées sont meilleurs gélatinisants que les uréthanes, que, dans le cas des uréthanes, seules les chaînes très courtes et les fonctions amides permettent un gonflement des fibres nitrocellulosiques nitrées au maximum, cependant que celles-ci ne sont nettement gélatinisées que par l'introduction d'une fonction cétone.

Enfin, on note que, pour un composé déterminé, le pouvoir gélatinisant en fonction du taux d'azote peut passer par un optimum, et que certaines fonctions nitroaromatiques déplacent cet optimum.

D'une manière générale, les nitrocelluloses de taux d'azote compris entre 11 et 12 sont les plus faciles à gélatiniser.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur divers Lamellibranches d'eau douce récoltés dans le « Continental intercalaire » du Sahara.* Note de Mlle **Denise Mongin**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Les séries argilo-gréseuses du « Continental intercalaire » ou « Grès de Nubie s. str. » du Sahara sont des formations fluvio-lacustres généralement très pauvres en fossiles. On y connaissait jusqu'ici, d'une part des bois silicifiés,

d'autre part, des restes de Vertébrés, Poissons et Reptiles [1]. Mais les explorations récentes de divers géologues leur ont fait découvrir d'intéressants gisements de Mollusques dont ils ont bien voulu me confier l'étude.

Les points de récolte se répartissent ainsi : In Abangarit à 200 km au Sud d'In Guezzam sur la piste d'Agadès-Jaddal, deux gisements distants de 35 km l'un de l'autre, A. F. de Lapparent (1953); Jallal, au Nord du Mont Billal, J. Greigert (1954); Mont Iguellala, 200 km au Nord de Tahoua, J. Greigert et A. F. de Lapparent (1953); Sud d'Agadès, au kilomètre 35 sur la piste de Zinder, F. Joulia (1954); Ifafane Tehed au Fezzan, 60 km à l'Est de Serdelès, découvert par Lelubre et pour lequel nous avons profité des récoltes de J. Freulon (1951).

Un premier travail de détermination a pu être fait sur ces Lamellibranches d'eau douce extrêmement rares dans le Crétacé d'Afrique. Les coquilles sont généralement en bon état, parfaitement dégagées de la gangue; le test est bien conservé et les deux valves sont le plus souvent en connexion. Les échantillons examinés se répartissent en plusieurs lots.

1° Certaines espèces ont pu être déterminées avec précision compte tenu évidemment de la grande variabilité du galbe des Unionidés, classique dans cette famille. Ce sont :

Unio humei Bullen Newton 1909, du groupe de *U. soleniformis* Lea : In Abangarit.

Unio jowikolensis Bullen Newton 1909 (=*U.* cf. *menkei* Kob. et Suzuki 1936=*U. menke* Grabau 1923). Cette espèce, du groupe de *U. menkei* Koch et Dunker 1837, est très abondante au Mont Iguellala; nous en avons examiné 173 échantillons complets, en bon état, parmi lesquels on reconnaît trois formes différentes : l'une conforme au type, une autre courte, une troisième allongée. Le type de cette espèce et de la précédente provient du Grès de Nubie d'Egypte.

Unio valdensis Mantell 1846, grosse coquille du Wealdien d'Angleterre, du Hanovre et d'Espagne : Sud-d'Agadès.

Unio porrectus Sowerby 1829, du Wealdien anglais : Sud d'Agadès.

2° D'autres Unionidés n'ont pu être retrouvés avec précision parmi les espèces connues. On peut seulement indiquer leurs affinités avec les groupes suivants : *Unio vetustus* White, du Crétacé moyen d'Amérique : Jaddal; *U. cretaceus* Zittel, du Cénomanien allemand : même gisement; *U. pascoei* Prashad, du Crétacé inférieur hindou : In Abangarit. Ajoutons que le gisement à *Desertella foureaui* de Fort Flatters a fourni à J. Ph. Lefranc [2] des coquilles ferrugineuses d'Unionidés, malheureusement incomplètes; on y reconnaît au moins une forme lisse et une forme à grosses côtes. La coexistence des *Desertella* avec des *Unio* dans le même gisement est utile à noter, d'autant plus que des coquilles d'In Abangarit, présentant une charnière du type *Desertella*, pourraient être une nouvelle espèce dans cette famille.

3° Outre les Unionidés, quelques Cyrénidés ont été rencontrés en plusieurs gisements : *Cyrena majuscula* Roemer, au Mont Iguellala; *C. alta* Dunker, à In Abangarit; *C. latoovata* Roemer, à Ifafane Tehed. Toutes ces espèces sont connues du Wealdien allemand.

4° Le gisement d'Ifafane Tehed fournit surtout de petits Lamellibranches en assez

---

[1] A. F. de Lapparent, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (6), 3, 1953, p. 451.

[2] *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 1950, p. 202.

mauvais état; cependant, ils semblent bien se rapporter à une forme nouvellement décrite, *Praecardiomya sinaitica* Awad (3) du Cénomanien du Sinaï.

L'énumération de ces treize espèces d'*Unio* et de Cyrènes, auxquelles il faudrait ajouter les nombreuses coquilles de *Desertella foureaui*, révèle l'importance et la variété de la faune malacologique du « Continental intercalaire », qui livrera sans doute encore d'autres gisements fossilifères. La détermination de ces espèces, connues soit du Wealdien, soit du Cénomanien, confirme l'âge crétacé inférieur et moyen que l'on attribue au « Continental intercalaire ».

Il apparaît ainsi que, pendant cette période du Crétacé, un réseau de lacs et de cours d'eau s'étendait à l'emplacement du Sahara. Dans les fleuves à courant assez fort, vivaient les *Unio* à coquille épaisse et à forte charnière; tandis que dans les lacs à sédimentation vaseuse devaient prospérer des espèces à test mince et à fine charnière, comme *U. jowikolensis*, dont les coquilles se rencontrent par centaines dans les argiles rouges du Mont Iguellala.

Il faut noter aussi la remarquable dispersion de ces espèces, qui se retrouve depuis le Weald en Angleterre jusqu'en Allemagne, en Espagne et en Afrique, comme *U. valdensis*, et même jusqu'en Chine et au Japon, comme *U. jowikolensis*. Une aussi large répartition géographique s'explique sans doute par la biologie spéciale des Unionidés : on sait que les larves, se fixant sur les ouies et les nageoires des Poissons où elles s'enkystent pendant 70 jours, voyagent ainsi avec leur hôte et vont fonder d'autres peuplements loin de leur origine. Il est possible aussi que des coquilles, entraînées loin de leur habitat par des inondations, restent plusieurs mois dans la boue sans mourir (4) et soient dirigées vers un autre cours d'eau lors d'une crue d'orage.

On peut donc penser que l'embryogénie particulière de ce groupe et sa remarquable vitalité sont des facteurs primordiaux qui ont dû jouer dès le Crétacé pour la répartition des espèces.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur l'absorption des ondes courtes dans l'ionosphère*. Note (*) de MM. **Émile Argence** et **Karl Rawer**, transmise par M. Jean Cabannes.

1. Dans le cas d'une absorption sélective, le décrément δ_2 est donné par l'expression

$$\delta_2 = \int k\,dz,$$

(3) G. H. Awad, *Bull. Inst. Fouad*, 1, 2, 1952, p. 7.
(4) C. T. Simpson, *U. S. fish. Commission for* 1898, 1899, p. 279.

(*) Séance du 13 septembre 1954.

k désignant le coefficient d'absorption $k \simeq (\nu/2c)(1-\mu^2/\mu)$; ($\mu$, indice de réfraction, ν nombre de chocs), μ et ν sont des fonctions données de l'altitude z.

2. Dans le nombre de chocs déterminé expérimentalement interviennent simultanément les fréquences de collision électrons-molécules neutres et électrons-ions

$$\nu_{exp} = \nu(\text{ions}) + \nu(\text{molécules}),$$

l'absorption due aux chocs ν (molécules), a été calculée par D. F. Martyn [1], Jaeger [2] et par les auteurs pour le cas des couches non-isothermiques [3].

3. Nous examinerons ici le cas où $\nu(\text{ions}) \gg \nu(\text{molécules})$.

Nous utilisons la relation approchée suivante due à R. C. Majumdar [4]

$$\nu = \nu_m f(z), \qquad \nu_m \simeq \frac{\pi Z^2 e^4 N_m^+}{m^{\frac{1}{2}}(KT)^{\frac{3}{2}}}$$

(Z, nombre de charge de l'ion considéré; T, température absolue; m, masse de l'électron; e, charge de l'électron; K, constante de Boltzman; N_m, concentration ionique maximum).

4. Dans l'hypothèse d'une loi de distribution de Chapman

$$N^+ = N_m^+ \sqrt{2e\cos\chi}\, x\, e^{-x^2} \qquad \left[x = \left(\frac{1}{2}\sec\chi\right)^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{z}{2}}\right],$$

(χ, distance zénithale solaire), nous obtenons

a. dans le cas de la traversée ($f > f'_c$) :

$$\delta_2 = H\frac{\nu_m}{c}\sqrt{2e}(\cos\chi)^{\frac{1}{2}}\alpha\left(\frac{1}{4} + \sum_{n=1}^{\infty}\frac{3.5\ldots(2n-1)}{2^n n!}\frac{\alpha^n}{[2(n+2)]^{\frac{n+2}{2}}}I_n\right),$$

avec

$$I_n = 3.5\ldots n\sqrt{\frac{\pi}{2}} \qquad (n,\ \text{impair}),$$

$$I_n = 2^{\frac{n}{2}}\left(\frac{n}{2}\right)! \qquad (n,\ \text{pair}),$$

nous avons posé :

$$\alpha = \left(\frac{f'_c}{f}\right)^2\sqrt{2e}; \qquad f'_c = f_c\cos^{\frac{1}{4}}\chi.$$

---

(1) *Proc. Phys. Soc.*, 47, 1935, p. 323.

(2) *Proc. Phys. Soc.*, 59, 1947, p. 87.

(3) E. Argence, M. Mayot, K. Rawer, *Ann. Géoph.*, 13, 1950, p. 242-285.

(4) *Z. Physik Bd*, 107, p. 599-622.

b. dans le cas où il y a réflexion ($f<f_c$) :

$$\delta_2 = \mathrm{H}\frac{\nu_m}{c}\sqrt{2e}(\cos\chi)^{\frac{1}{2}}\alpha\left(\frac{1}{4}e^{-2x_1^2}+\sum_{n=1}^{\infty}\frac{3.5\ldots(2n-1)}{2^n.n!}\frac{\alpha^n}{[2(n+2)]^{\frac{n+2}{2}}}\mathrm{J}_n\right),$$

$$\mathrm{J}_n = 2^{\frac{n}{2}}\left(\frac{n}{2}\right)!\,e^{-\frac{t_1^2}{2}}e_n^{\frac{t_1^2}{2}} \qquad (n,\ \text{pair}),$$

$$\mathrm{J}_n = 3.5\ldots n\left(\int_{t_1}^{\infty}e^{-\frac{t^2}{2}}dt+\varphi_n(t_1)\,e^{-\frac{t_1^2}{2}}\right) \qquad (n,\ \text{impair}).$$

Les fonctions $e_n^{\frac{t^2}{2}}$ et $\varphi_n(t)$ sont égales respectivement aux n premiers termes du développement de $e^{\frac{t^2}{2}}$ et de $\varphi(t)=e^{\frac{t^2}{2}}\int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}}dt$, d'autre part x_1 désigne la plus grande racine de l'équation transcendante :

$$1-\alpha x e^{-x^2}=0 \qquad \text{et} \qquad t_1 = x_1\sqrt{2(n+2)}.$$

5. Si l'on utilise l'expression approchée de B. Friedman (5)

$$\mathrm{N}^+ = \mathrm{N}_m^+\cos^2\frac{\pi z}{4z_0}$$

(z_0, abscisse du point d'inflexion d'une distribution de Chapman), nous obtenons

$$\delta_2 = \frac{2\nu_m}{3c}\left(\frac{z_0}{\pi}\right)\Phi\left(\frac{f_c}{f}\right) \qquad (f>f_c),$$

$$\delta_2 = \frac{2\nu_m}{3c}\left(\frac{z_0}{\pi}\right)\left(\frac{f}{f_c}\right)\Phi\left(\frac{f}{f_c}\right) \qquad (f<f_c);$$

avec

$$\Phi(k) = \frac{2(1+k^2)}{k^2}(\mathrm{K}-\mathrm{E})-\mathrm{K},$$

K et E désignant les intégrales complètes de Legendre (module k)

$$k=\frac{f}{f_c} \qquad (\text{réflexion}),$$

$$k=\frac{f_c}{f} \qquad (\text{traversée}).$$

Ces formules ont été établies en vue de l'étude de l'absorption due à la région F (6).

---

(5) *Numerical methods for evaluation of the integrals for virtual Heigt* (Research report E. M. 17, New-York University).

(6) Signalons que M. Gallet a étudié le cas d'une distribution parabolique (publication intérieure du S. P. I. M.).

PHYSIQUE DE L'ATMOSPHÈRE. — *Anomalies dans la radioactivité naturelle de l'air libre.* Note de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les fortes anomalies constatées en 1948 et 1953 dans deux régions différentes, pourraient être dues à un bouleversement du sous-sol.

On a longuement étudié comment le radon produit par le radium contenu normalement dans les matériaux du sol proches de la surface, diffuse et se dégage à l'air libre. Les conditions météorologiques, la fissuration et la porosité du sous-sol, la configuration du relief, jouent le rôle principal dans ce phénomène. Généralement, en un lieu donné, cette diffusion à l'air libre suit une loi annuelle régulière et l'on retrouve toujours à peu près les mêmes valeurs de la teneur en radon de l'air libre, aux mêmes saisons.

Mais il y a des exceptions. L'étude systématique de la radioactivité de l'air depuis l'année 1946 nous a amené à étudier la fraction de celle-ci que l'on doit attribuer aux radioéléments d'origine terrestre, soit aux lieux où étaient effectuées les mesures, soit aux lieux où étaient effectués les prélèvements.

Or, deux groupes de recherches, en 1948 et 1953 ont donné des anomalies très importantes, à l'exclusion de toute autre période.

Époque.	Région.	Teneur en radon de l'air libre.
Été 1948	Département des Pyrénées-Orientales, près du sol, en plaine	10 à 30 fois la normale
	Département du Puy-de-Dôme, près du sol	normale
	Centre France, altitude (avion)	normale
Hiver 1953	Département du Puy-de-Dôme, près du sol, en plaine	10 à 15 fois la normale
Été 1953	Département du Puy-de-Dôme, altitude (avion)	2 à 4 fois la normale
Été 1953	Département des Pyrénées-Orientales, près du sol	normale

Dans la région des Pyrénées-Orientales, les mesures antérieures à l'année 1946, dont les plus anciennes remontent à 1935, n'avaient jamais laissé soupçonner aucune anomalie : les teneurs moyennes en radon étaient peu variables d'une année à l'autre. Il en est de même pour la région du Puy de Dôme, où les premières mesures furent effectuées en 1941.

Il semble donc qu'il faut admettre que les anomalies observées en 1948 et 1953, dans deux régions différentes, sont accidentelles et propres à la région où les mesures ont été effectuées. S'il s'agissait d'anomalies résultant d'un

changement général des conditions climatiques (pluviosité, température, s'écartant de la normale), on devrait observer des variations plus progressives dans la radioactivité de l'air au voisinage du sol et de bien moindre importance, ainsi qu'un certain parallélisme entre les variations intéressant les deux régions considérées. Or, il n'en est rien. Il reste donc, comme explication la plus probable de ces anomalies exceptionnelles, l'hypothèse que celles-ci auraient pour origine soit une fissuration brusque du sous-sol, liée à des phénomènes séismiques de plus ou moins grande envergure, soit une variation brutale du régime d'écoulement des eaux souterraines, soit ces deux causes, liées entre elles.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des ultrasons sur la vitesse de germination et la croissance de l'orge*. Note de MM. **René-Guy Busnel** et **George Obolensky**, présentée par M. Raoul Combes.

L'accélération de croissance de graines d'orge traitées aux ultrasons correspond pour une part à une modification de la perméabilité des téguments qui permet une absorption d'eau plus importante d'environ 20 %. A l'aide de P_{32}, il a été montré que le métabolisme de la plantule issue des graines traitées était plus actif que celui des témoins.

Le traitement aux ultrasons de graines d'orge, à des fréquences comprises entre 23 et 960 kHz avec des puissances acoustiques de 1 à 6 W/cm^2, pendant des temps de 5 à 20 mn provoque une accélération des temps moyens de germination et une augmentation de la faculté germinative; on peut constater également des variations de la teneur en eau des graines et des plantules qui en sont issues et de la taille des différentes parties de la plantule.

L'analyse du mécanisme de cette action nous a amenés à déterminer la teneur en eau des graines avant et après le traitement aux ultrasons et nous avons constaté que la quantité d'eau absorbée par la graine était environ de 15 à 35 % plus grande en présence d'ultrasons (ces valeurs étaient variables dans les limites de temps et de puissance indiquées plus haut). Nous avons confirmé ces chiffres par des traitements dans des solutions colorées et le dosage du colorant.

Si après le traitement aux ultrasons, on dessèche les graines pour les ramener à leur teneur en eau initiale et qu'on ne les remette en germination que plusieurs semaines ou plusieurs mois après, on constate que les augmentations observées sur la faculté germinative et l'accélération des temps moyens de germination sont maintenues.

Ces modifications paraissent bien liées, au moins pour une part, à une modification irréversible de la perméabilité des téguments de la graine, ce qui peut s'accorder avec ce que l'on sait des actions physiques des ultrasons sur les potentiels des membranes.

On peut également écarter l'hypothèse d'une action chimique de l'ultrason, celle-ci ne se manifestant qu'au delà des fréquences de l'ordre de 100 kHz.

Toutefois, le fait que ces accélérations continuent de se manifester longtemps après le traitement, incite à penser qu'il n'y a pas eu qu'une modification des membranes, mais probablement des effets mécaniques plus profonds et dont le retentissement, d'ailleurs, se manifeste au cours de la croissance par une accélération générale du métabolisme; nous avons pu déterminer celle-ci d'une manière précise au cours des 15 premiers jours de la mise en végétation avec le P_{32}, additionné au mélange nutritif.

Quelques exemples caractéristiques de ces résultats sont condensés dans le tableau ci-dessous.

Teneur en eau des graines.

(Pour 23 kHz, 15 mn, 1 W/cm², 200 graines, Orge *Rika*).

	Poids (g) Avant traitement.	Poids (g) Après traitement.	H_2O absorbée.
Témoin	8,593	9,554	0,941
Traité	8,517	9,662	1,145

Germination.

	Temps.	Faculté germinative.
Témoin	1,63 jour	80 %
Traité	1,31 jour	90 %

Mesures sur 50 plantules après 4 jours de germination.

	Poids (g). frais.	Poids (g). sec.	Cendres (g).	Radioactivité (coups/mn).
Témoin	6,335	1,784	0,085	3,285
Traité	7,380	2,735	0,105	4,834

(Pour 412 kHz, 15 mn, 3 W/cm², Orge *Freja;* germination : 15 semaines après traitement).

	Poids (g). frais.	Poids (g). sec.	Cendres (g).	Radioactivité (coups/mn).
Témoin	7,076	1,746	0,040	2,755
Traité	7,188	2,072	0,110	4,300

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Étude du métabolisme basal chez le phasme* Dixippus morosus *après ablation des* Corpora allata. Note (*) de Mlle **Colette L'Helias**, présentée par M. Paul Portier.

Chez les phasmes qui ont subi l'ablation des *Corpora allata*, l'étude des sucres réducteurs, du glycogène et du phosphore organique faite

(*) Séance du 2 août 1954.

précédemment (¹) semble prouver par l'augmentation des sucres dans les tissus, celle à peine sensible du glycogène et la diminution du phosphore organique provenant du filtrat trichloracétique, un ralentissement du métabolisme se traduisant par un décalage des phénomènes physiologiques et chimiques. Il était donc intéressant de voir si l'étude du métabolisme respiratoire confirmait cette tendance générale.

Les animaux sont mis dans des chambres métalliques, après un jeûne de 24 h. Ils sont immobilisés à l'intérieur de ces chambres dans des cagettes grillagées, suspendues au-dessus de la potasse à 30 %. Le gaz carbonique dégagé par les phasmes est absorbé par cette dernière et la diminution de volume résultant de la consommation d'oxygène se lit à l'extérieur, grâce à un index qui se déplace dans un tube capillaire gradué, en communication avec l'intérieur de la chambre.

Alors que la consommation d'oxygène diminue régulièrement chez les témoins, pendant toute la croissance, il apparaît, au contraire, un fléchissement accentué pendant le cinquième stade chez l'allatectomisé. Pendant le quatrième stade, le volume d'oxygène consommé se maintient à un taux élevé, mais ce phénomène est dû au choc opératoire. Le traumatisme provoque une forte augmentation du métabolisme respiratoire aussi bien chez les opérés que chez les témoins qui ont subi une simple trépanation sans ablation de glande. Le retour à la normale est plus ou moins rapide selon les animaux.

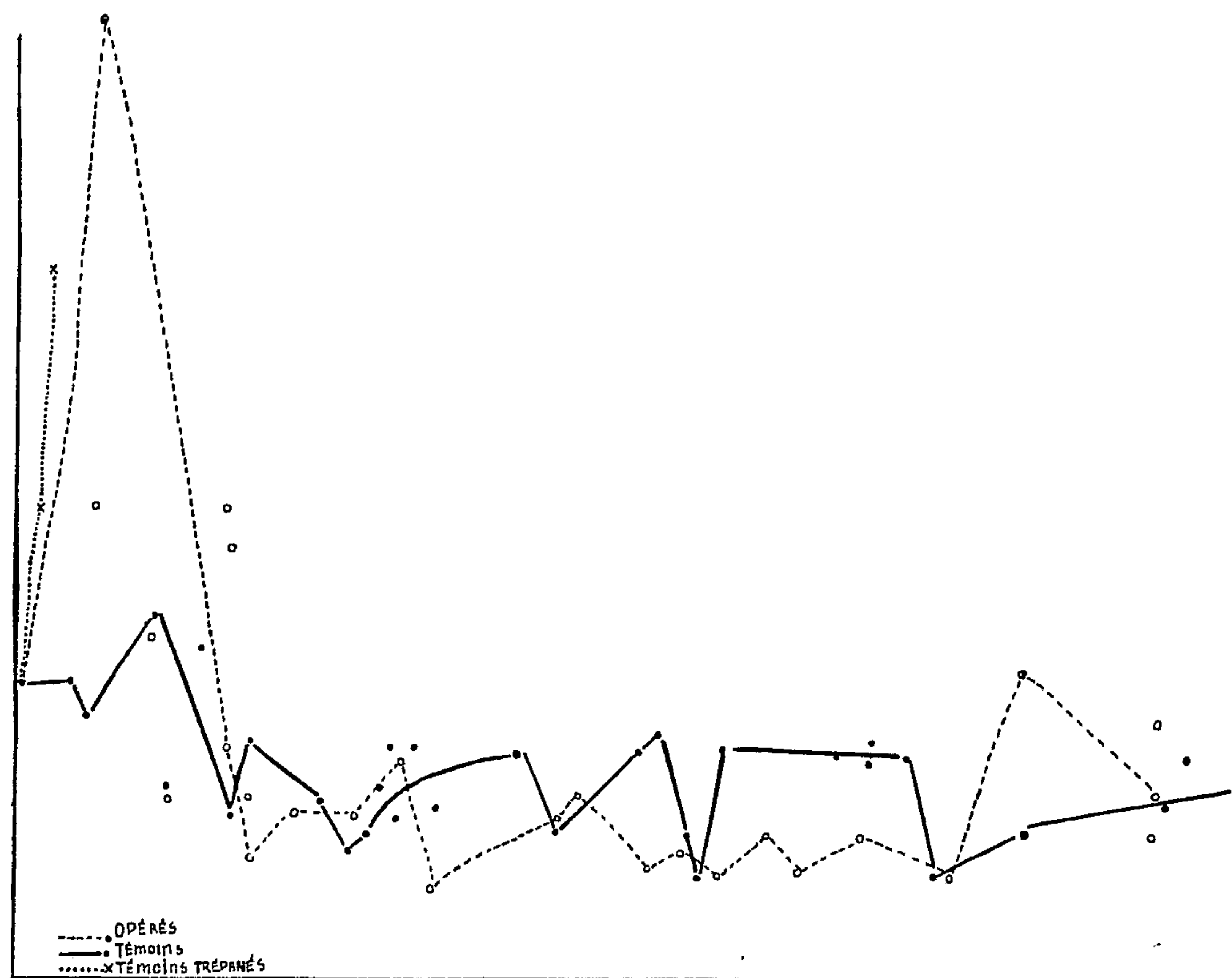
Chez le témoin, le volume d'oxygène consommé en 1 h, se maintient entre 0,6 et 0,7 cm^3. Il peut s'élever jusqu'à 1,5 cm^3 après trépanation. Il tombe à la cinquième mue à 0,3 cm^3, remonte jusqu'à 0,5 cm^3, descend de nouveau à 0,25 cm^3 à la sixième mue, atteint un maximum de 0,49 cm^3 à nouveau et redescend à la septième mue jusqu'à 0,20 cm^3 pour se maintenir à l'état adulte à 0,45 cm^3.

Chez l'opéré, au début du quatrième stade, la courbe présente une élévation brutale comme celle des témoins trépanés, puis descend à la cinquième mue à 0,16 cm^3, n'atteint au maximum que 0,40 cm^3 et oscille pendant tout le cinquième stade entre 0,20 et 0,30 cm^3 et remonte au sixième, correspondant à l'état adulte à un maximum de 0,65 cm^3.

Une courbe établissant le rapport entre le volume d'oxygène consommé et le poids frais reflète mieux que la courbe en pourcentage le fléchissement du cinquième stade et le redressement qui le suit. L'augmentation des phosphatases alcalines et l'hydrolyse des esters phosphoriques qui en est la conséquence pourrait être une des causes de la diminution du métabolisme respiratoire. Le redressement de l'état « adultoïde » correspond sans doute à une reprise du métabolisme normal, soit qu'une hormone

(¹) *Comptes rendus*, 236, 1952, p. 2164 ; 238, 1954, p. 2352.

sécrétée par les glandes ventrales atteint une concentration suffisante pour faire apparaître les caractères physiologiques de l'état adulte, soit qu'un système enzymatique compensateur ait pu s'établir, permettant cette reprise du cours normal de la croissance, sans effacer cependant les perturbations causées par l'ablation ces *Corpora allata*.



L'ablation des *Corpora allata* entraîne un fléchissement accentué du métabolisme basal au cinquième stade et un redressement au dernier stade. Ce fléchissement correspond sans doute à une augmentation des phosphatases alcalines et l'hydrolyse des esters phosphoriques peut donc être une des causes de la diminution du métabolisme.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Découverte chez un Crustacé Amphipode* (Orchestia gammarella) *d'une glande endocrine responsable de la différenciation de caractères sexuels primaires et secondaires mâles*. Note de Mme **Hélène Charniaux-Cotton**, présentée par M. Louis Fage.

Il existe chez *Orchestia gammarella* ♂ une petite glande accolée au canal déférent en position subterminale. Son implantation élective chez des ♀ en reproduction induit l'apparition des caractères sexuels secondaires ♂ et l'inversion totale des ovaires en testicules; elles détermine également l'apparition des caractères sexuels secondaires ♂ chez des ♀ castrées.

L'appareil génital ♂ d'*Orchestia gammarella* comporte deux organes simples et indépendants. Chacun d'eux se compose d'un testicule fusiforme auquel fait suite une vésicule séminale continuée par un canal déférent qui aboutit à une apophyse génitale.

J'ai observé dans la partie terminale du canal déférent une formation qui n'a pas été décrite. Elle se présente sous l'aspect d'un amas cellulaire pyramidal, accolé par sa base au canal déférent. La base mesure environ 0,25 mm. Des formations similaires de plus petite taille existent fréquemment en position plus antérieure sur le canal déférent. L'étude histologique est en cours.

Au cours de précédentes expériences (¹), j'avais pratiqué des implantations testiculaires à des *O. gammarella* ♀ en reproduction et à des ♀ castrées. L'implantat comportait le testicule avec une portion plus ou moins longue de tractus génital, mais toujours sectionné en avant de l'organe décrit plus haut. Cet implantat survit dans l'hôte mais n'exerce aucune action sur les caractères sexuels.

Dans une nouvelle série d'expériences, j'ai implanté électivement l'organe avec la portion de canal déférent auquel il est accolé. Les implantations ont été faites chez des ♀ ovigères au début du cycle d'intermue. Les huit premières ♀ opérées ont donné les résultats suivants : A la 1re mue post-opératoire, aucune modification des caractères sexuels secondaires ; ponte normale. A la 2e mue post-opératoire, aucune ponte (les ♀ normales pondent après chaque mue). La vitellogénèse n'a pas eu lieu puisque les ovaires ne présentent pas la couleur caractéristique violette. Les oostégites ont perdu leurs soies ovigères et sont bordés de soies courtes ou intermédiaires (²).

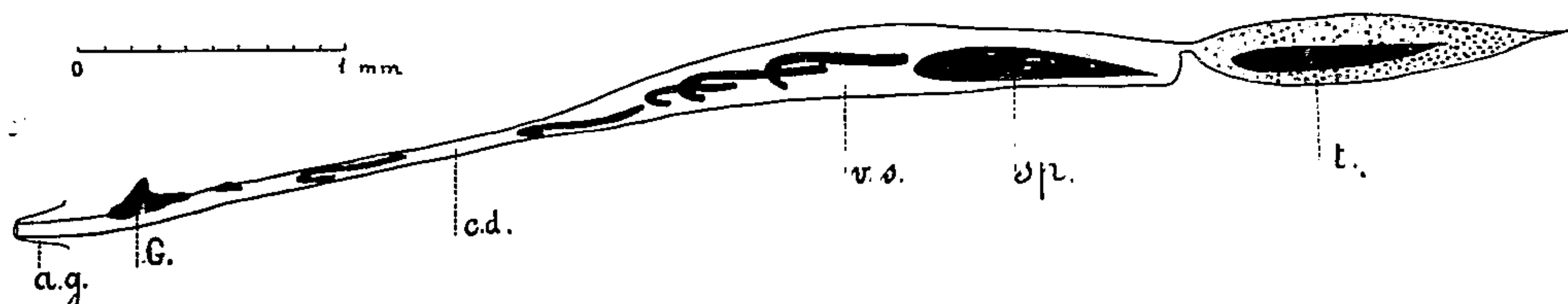


Schéma de l'appareil génital mâle avec la « glande » G. figurée en plein : *t*, testicule; *vs*, vésicule séminale; *cd*, canal déférent; *ap*, apophyse génitale.

Les gnathopodes ont gardé la forme ♀ mais chez trois individus la longueur du propodite est plus grande que la normale.

— A la 3e mue post-opératoire, les gnathopodes ont acquis chez toutes les ♀ une forme ♂ jeune.

— A la 4e mue post-opératoire, les gnathopodes présentent la forme ♂ adulte. Les 7e péréiopodes des plus grandes ♀ sont nettement élargis comme chez les ♂ adultes. Toutefois, il n'apparaît pas d'apophyse génitale. Les oostégites amputés plus ou moins longtemps après l'implantation régénèrent.

(¹) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 953.

(²) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2570 et 236, 1953, p. 141.

Deux ♀ qui ont accompli leur 5e mue post-opératoire sont sacrifiées. La morphologie externe de leurs ovaires n'a pas varié; par contre l'examen histologique montre une *transformation totale en testicule*. La bande germinative ♀ a disparu; il ne subsiste que quelques ovocytes refoulés vers le centre par les spermatocytes. D'abondants spermatozoïdes occupent le centre de l'ovaire. L'épithélium est également devenu testiculaire. Nous assistons à la même évolution que celle subie par les ovaires implantés chez les ♂ (3).

J'ai pratiqué les mêmes implantations chez quatre ♀ castrées. Leurs gnathopodes se sont aussi transformés en pinces ♂.

Discussion. — La formation subterminale portée par le canal déférent est donc une glande endocrine qui sécrète une ou plusieurs hormones provoquant la différenciation des caractères sexuels primaires et secondaires mâles. Son implantation chez une ♀ en reproduction inhibe l'ovogénèse; elle induit l'inversion des ovaires en testicules avec spermatogénèse complète. Elle provoque l'apparition de tous les caractères sexuels secondaires ♂, excepté jusqu'à présent les apophyses génitales. Les résultats obtenus avec les ♀ castrées écartent l'hypothèse suivante : la glande n'agirait que sur les ovaires en les transformant en testicules et ce serait ceux-ci qui provoqueraient l'apparition des c. s. s. ♂. Enfin toutes les implantations d'autres parties des gonades ont été faites : testicule seul ou avec une portion du tractus, portion de canal déférent, ovaire ; aucun de ces implantats n'a d'action sur les caractères sexuels de la ♀.

Chez les ♂ dont tout l'appareil génital a été extirpé, les pinces amputées plusieurs mues après la castration régénèrent avec la forme ♂ ; ceci prouverait que l'hormone secretée par la glande persiste dans le sang après la castration.

L'existence d'une glande contrôlant les caractères sexuels doit probablement se retrouver chez d'autres Crustacés. De Lattin et Gross (4) et J. J. Legrand (5), par des implantations de testicules chez des ♀ d'Isopodes terrestres ont fait apparaître les c. s. s. ♂ et parfois les tractus mâles; l'ovaire n'est pas transformé en testicule. Il est probable qu'il existe chez les Isopodes une glande semblable à celle des Amphipodes, mais occupant une position différente sur l'appareil génital.

CANCÉROLOGIE. — *Acides désoxyribonucléiques de tissus normaux et cancéreux d'origine humaine.* Note de Mme **Yvonne Khouvine**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

L'étude des acides désoxyribonucléiques (ADN) du placenta et de tumeurs humaines montre qu'on obtient plusieurs acides suivant le mode de préparation. Les acides d'une tumeur bénigne de l'ovaire et ceux de quelques épithéliomas ont des constitutions variables et différentes de celle de l'ADN normal.

(3) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 953.
(4) *Experientia*, 9, 9, 1953, p. 338-339.
(5) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2030 et 239, 1954, p. 321.

Nous avons étudié la constitution des acides désoxyribonucléiques (ADN) de placentas provenant d'opérations césariennes et de quelques tumeurs humaines de l'utérus, de la mamelle, de l'ovaire et de l'intestin. Nous avons cherché, surtout avec le placenta, à montrer l'influence du mode de préparation en faisant des extractions de désoxyribonucléoprotéides (DNP) selon Mirsky, des isolements de noyaux selon Hogeboom et des extractions de tissus résiduels. Il arrive souvent que les ADN de tumeurs (en particulier ceux de la mamelle) contiennent 20 à 30 % d'acides ribonucléiques (ARN) et des substances non azotées qui rendent leur purification difficile. Il faudrait traiter plusieurs tumeurs en même temps et nous nous sommes, encore une fois, heurtée à la difficulté d'obtenir des pièces opératoires. Cependant, nous avons analysé quelques ADN dont les taux de P étaient de 6 à 8 % et, avec les adénocarcinomes de la mamelle, nous avons pu faire la moyenne des résultats de trois préparations.

Isolement et analyse des ADN. — On enlève les membranes fœtales, la décidue et autant qu'on peut le faire, les vaisseaux. On débarrasse les tumeurs des amas graisseux et du tissu sain. Après lavages avec NaCl 0,14 M ou avec du saccharose 0,25 M et broyage dans le « Waring blendor » ou l'homogénéiseur de Potter, on sépare, suivant le mode d'extraction, les RNP par NaF, et les noyaux par centrifugation. On obtient ensuite les DNP dans NaCl à 10 % à froid et on les précipite par dilution avec de l'eau. On les purifie par redissolution et l'on extrait les ADN par NaCl à 10 % à 90°. On les précipite par ClH à pH I, on les purifie par trois ou quatre redissolutions dans NaOH N/2, en laissant quelques échantillons 18 h à 37°. Enfin, on traite les tissus résiduels par NaCl à 25 % à chaud. Certains ADN sont obtenus après extraction des histones par ClH 0,25 N à froid. Les hydrolyses sont faites par HCOOH et les chromatographies, selon Wyatt. Nos résultats, résumés dans le tableau ci-dessous, sont exprimés en nombre de bases pour 100 atomes de phosphore corrigé.

		A.	G.	C.	T.	Rdt %.	$\frac{\text{Pur}}{\text{Pyr.}}$.	$\frac{A}{G}$.	$\frac{T}{C}$.	$\frac{T}{A}$.
Placentas	D.N.P. tissu...	31	20	20	29	90	1,05	1,55	1,45	0,99
	D.N.P. noyaux.	31	19	20	30	95	1,00	1,63	1,50	0,96
	D.N.P. + ClH.	26	19	24	31	85	0,82	1,36	1,29	1,19
	Tissu résiduel.	28	21	17	34	80	0,96	1,33	2,00	1,21
Ovaires :										
Tum. bénigne :	D.N.P. tissu...	27	19	25	29	95	0,85	1,42	1,16	1,07
Epithélioma :	D.N.P. + ClH.	16	25	26	33	75	0,69	0,64	1,26	2,06
Mamelles	D.N.P. tissu..	30	24	19	27	92	1,17	1,25	1,12	0,90
	D.N.P. + ClH.	26	24	18	27	87	1,11	1,08	1,50	1,05
	Tissu résiduel.	24	20	23	33	75	0,78	1,20	1,43	1,37
Intestin Epithélioma.	Tissu résiduel.	25	24	20	27	94	1,04	1,04	1,35	1,08

Les chiffres du tableau montrent que les ADN, sauf ceux des épithéliomas de

l'ovaire et de l'intestin (tissu cancéreux presque pur), sont du type AT et qu'on peut séparer ceux du placenta en trois groupes : les ADN des DNP, de tissus et des noyaux, les ADN des DNP traités par ClH 0,2 N et les ADN des tissus résiduels. Les ADN des DNP et des noyaux ont la même constitution, et leurs bases les mêmes rapports que les ADN de sperme et thymus humains déjà connus. Ils représentent donc, probablement, un ADN commun à tous les tissus et nous pouvons leur comparer d'autres acides humains. L'acide des tissus résiduels contient moins d'adénine, de cytosine et plus de thymine. L'acide des DNP traités par ClH contient moins d'adénine et de cytosine, mais ici, on peut penser que la diminution d'adénine est due au traitement par ClH. Quant à l'acide de la tumeur bénigne de l'ovaire, il contient plus de cytosine et moins d'adénine sans qu'on puisse accuser l'action de ClH.

Les chiffres montrent aussi qu'on isole plusieurs types d'ADN à partir des tumeurs. Seul, l'acide des DNP des tissus de l'épithélioma de la mamelle est de type AT, voisin de celui du placenta. Les autres diffèrent notablement des acides correspondants du placenta. Les proportions des bases ne sont plus les mêmes. La quantité d'adénine est très faible dans l'ADN de l'épithélioma de l'ovaire et l'action de ClH n'expliquerait, à elle seule, cette diminution que si les liaisons de l'adénine étaient particulièrement labiles. Elle est également faible dans les ADN des tissus résiduels de la tumeur de la mamelle et de l'intestin, les autres bases étant tantôt en quantité plus forte, tantôt en quantité plus faible suivant l'origine de l'acide.

Nos résultats montrent qu'on peut extraire d'un tissu, normal ou cancéreux, plusieurs ADN de constitutions différentes et qu'il ne faut comparer que des ADN obtenus dans les mêmes conditions expérimentales. Et, si l'on pouvait admettre que la cancérisation des organes suit toujours le même processus, en donnant des ADN de mêmes constitutions, on pourrait conclure que les ADN d'origine tumorale diffèrent d'autant plus des ADN normaux que le nombre de cellules atteintes par la cancérisation est plus grand, comme c'est le cas pour les épithéliomas de l'ovaire et de l'intestin. Mais, actuellement, rien ne prouve qu'on puisse admettre que la cancérisation d'un organe conduit toujours aux mêmes types d'acides. Seule, une étude comparative à divers stades de la cancérisation permettrait de le faire, et chez l'Homme, cette étude paraît impossible. Il semble donc que nos résultats sont en faveur de différences entre les ADN normaux et les ADN de tumeurs bénignes ou malignes.

La séance est levée à 15 h 45.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 OCTOBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE DE BROGLIE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur ANDRÉ DONATIEN,
Correspondant pour la Section d'Économie rurale,

par M. **RENÉ DUJARRIC DE LA RIVIÈRE.**

ANDRÉ-LOUIS DONATIEN, Correspondant de l'Académie des sciences pour la Section d'Économie rurale, est décédé, à Toulouse, le 10 août 1954.

Né à Mont-de-Marsan, le 24 décembre 1889, il entra en 1907, à l'École nationale vétérinaire de Toulouse où il fit de très solides études et d'où il sortit en 1912. Il remplissait ses obligations militaires quand éclata la guerre de 1914-1918 qu'il fit brillamment et au cours de laquelle il fut décoré de la Croix de guerre.

Entré en 1920 à l'Institut Pasteur d'Algérie, il y assuma les fonctions de Chef de Laboratoire et y commença une carrière scientifique qui devait être brillante.

A. Donatien fut l'un de ceux qu'Edmond et Étienne Sergent associèrent à l'œuvre qu'ils y avaient entreprise et qui avait déjà donné de magnifiques résultats. Il se consacra en même temps à l'étude des nombreux problèmes de pathologie et d'hygiène vétérinaire qui se posaient alors en Algérie et qui avaient pour l'avenir et le développement de ce pays une très grande importance.

Dès son arrivée à l'Institut Pasteur, il assura des services pratiques importants et, en particulier, la délicate préparation du vaccin anticlavelleux suivant la technique de J. Bridré et A. Boquet. Il entreprit ensuite des recherches de science pure et publia un nombre considérable de travaux car sa vie fut tout entière consacrée au travail.

Ses travaux se rapportent à l'agalaxie contagieuse de la Chèvre et du Mouton, maladie qu'il reproduisit expérimentalement et pour laquelle il établit l'action

curative du stovarsol. Il montra que l'helminthiase nodulaire intestinale du Bœuf existe en Algérie. Il étudia aussi l'anémie pernicieuse du Mouton, maladie dont il découvrit le virus spécifique, la clavelée et différentes varioles animales, la fièvre aphteuse, la fièvre charbonneuse, le botulisme et beaucoup d'autres affections.

Les découvertes qui ont trait aux maladies à protozoaires constituent l'œuvre magistrale de Donatien. Il participa à certains des travaux d'Edmond et Étienne Sergent sur la dourine, et sur diverses *trypanosomiases* des animaux. D'autres recherches furent poursuivies en collaboration avec F. Lestoquard, jeune vétérinaire qui lui avait été adjoint et qui avait fait comme lui ses études à l'École de Toulouse. Ensemble ils découvrirent de nombreuses *rickettsioses* animales. Ils étudièrent les rickettsioses du Chien, du Mouton et du Bœuf. L'étude expérimentale des rickettsioses leur permit d'établir que cette maladie comporte, après guérison apparente, une longue période d'infection latente pendant laquelle les animaux n'ont pas une immunité réelle, mais « cette forme particulière de résistance, contemporaine de l'infection chronique et cessant avec elle » à laquelle Edmond Sergent et L. Parrot ont, avec lui, donné le nom de « *prémunition* ». Plus tard, Donatien découvrira la rickettsiose générale du Porc, maladie grave qui n'était pas encore connue.

Du point de vue pratique, on doit à Donatien et à Lestoquard la vaccination des solipèdes, des bœufs et des moutons contre le charbon bactéridien par la voie intra-dermique; la purification du virus claveleux en vue de la préparation du vaccin de Bridré et Boquet; l'emploi de l'intra-dermoréaction pour contrôler l'immunité conférée par ce vaccin; enfin, et surtout, la préparation d'un sérum contre la peste porcine qui sévissait en Algérie.

Ces travaux sur la peste porcine furent parmi les plus intéressants de ceux que poursuivit Donatien, car il fit de cette maladie une étude complète. Il en étudia l'étiologie; il précisa les propriétés du virus spécifique, les modalités de l'infection ainsi que la prophylaxie et le traitement de celle-ci. Il mit au point en Algérie la méthode de séro-infection. Il imagina une technique biologique de diagnostic expérimental spécialement utile pour le dépistage de la maladie. Le sérum antipestique qu'il prépara, en 1925, rendit aux éleveurs d'importants services et la valeur de ce sérum est prouvée par les quantités élevées que l'Institut Pasteur d'Algérie en délivre chaque année.

L'œuvre scientifique de Donatien est si considérable qu'il n'est possible d'en citer ici qu'une partie. Il faudrait cependant signaler encore la vaccination des vaches laitières contre l'anaplasmose; l'étude de diverses leptospiroses et, en particulier, la découverte de l'agent causal de la fièvre bilieuse hémoglobinurique des bovins, maladie qu'Edmond et Étienne Sergent et A. Lhéritier avaient reconnue 35 ans plus tôt comme distincte des piroplasmoses.

Donatien participa à des recherches de médecine humaine et de médecine vétérinaire faites en équipe. En 1921, il contribua à démontrer le rôle des

phlebotomes dans la transmission de la *leishmaniose* cutanée : s'étant volontairement inoculé le produit de broyage de phlébotomes, il contracta un « bouton d'Orient » typique. A partir de 1922, il travailla avec Edmond Sergent dans l'équipe que celui-ci avait constituée pour l'étude des piroplasmoses bovines, recherches dont les résultats présentèrent autant d'intérêt scientifique que d'importance pour l'économie rurale en Algérie.

La préparation et l'application des vaccins et des sérums, les analyses microbiologiques vétérinaires le tenaient en contact permanent avec ses collègues vétérinaires praticiens. Il fut pour eux un conseiller sûr et serviable auquel ils ne cessèrent de témoigner leur estime et leur affection. Il collabora à de nombreux périodiques tels que la *Revue de Médecine vétérinaire exotique*, le *Bulletin de l'Institut Pasteur*, la *Revue Vétérinaire*. Il fit aussi de brillantes conférences de pathologie vétérinaire exotique, notamment à l'École d'Alfort.

Déja lauréat de l'Académie des sciences et de l'Académie Nationale de Médecine, Donatien avait été élu Correspondant de l'Académie des sciences pour la Section d'Économie rurale, le 10 janvier 1949. Il était Correspondant de l'Académie de Médecine et de l'Académie vétérinaire. Il était Chevalier de la Légion d'honneur depuis 1928.

Les travaux de A. Donatien constituent une œuvre scientifique remarquable. Ils ont apporté à l'Économie rurale algérienne une aide très importante ; ils ont contribué à la protection des troupeaux et à l'assainissement du pays. Ils ont eu une portée générale. En Afrique du Nord et dans l'Union française autant qu'en Algérie ils ont heureusement témoigné des bienfaits de la Science française.

Notre Compagnie adresse à Madame Donatien et à sa famille l'expression émue de sa profonde sympathie.

MÉCANIQUE STATISTIQUE. — *Transformations de Reynolds opérant dans un ensemble de fonctions mesurables non négatives.* Note de M. **Joseph Kampé de Fériet.**

Une transformation de Reynolds, appliquant l'ensemble des fonctions mesurables (par rapport à une σ-algèbre arbitraire) sur une partie de lui-même, est complètement définie quand, on connaît les transformées des fonctions caractéristiques; nous donnons un système de conditions nécessaires et suffisantes auxquelles doivent satisfaire ces transformées.

1. La notion de moyenne joue un rôle fondamental dans toute Mécanique statistique de la turbulence; nous avons montré (¹) que les équations de Reynolds pour l'écoulement turbulent d'un fluide ne sont une conséquence logique des équations de Navier que si la moyenne $\bar{f}$ de toute fonction f satisfait à des

(¹) J. Kampé de Fériet, *La Science Aérienne;* 3, 1934, p. 9-34; 4, 1935, p. 12-52.

règles très particulières; posant le problème sous sa forme générale abstraite nous avons établi ([2]) les conditions auxquelles doit satisfaire une transformation définie dans un anneau de fonctions pour être susceptible d'être interprétée comme une moyenne au sens de Reynolds.

La détermination des transformations de Reynolds a été résolue par G. Birkhoff ([3]) et J. Sopka ([4]) pour l'ensemble des fonctions continues sur un espace compact, par M[me] Shu-Teh Chen Moy ([5]), pour les fonctions mesurables définies sur un espace de probabilité; récemment M[me] M.-L. Dubreil-Jacotin ([6]) a repris le cas, étudié d'abord par nous-même, des fonctions prenant un nombre fini de valeurs et a introduit la notion importante de transformation régulière.

2. Soit X un ensemble, $\mathcal{F}$ une σ-algèbre de parties de X, $\mathcal{M}$ l'ensemble de toutes les fonctions $f(x)$ à valeurs réelles ([7]) non négatives sur X, mesurables ([8]) par rapport à $\mathcal{F}$; une transformation de Reynolds opérant dans $\mathcal{M}$ est une application ([9]) de $\mathcal{M}$ sur $\mathcal{M}_T \subset \mathcal{M}$ satisfaisant à

$$(T_1) \qquad T(f+g) = Tf + Tg,$$

$$(T_2) \qquad T(\alpha f) = \alpha Tf \quad (\alpha \geqq 0),$$

$$(T_3) \qquad T(fTg) = Tf\,Tg,$$

$$(T_4) \qquad f_n \uparrow f \Rightarrow Tf_n \uparrow Tf,$$

$$(T_5) \qquad Tc_X = c_X.$$

Toute $f \in \mathcal{M}$ pouvant être approchée par une suite croissante de fonctions simples :

$$(1) \qquad f_n = \sum_1^N \alpha_j c_{E_j} \qquad (E_j \in \mathcal{F};\ \alpha_j \geqq 0),$$

T serait complètement définie si on connaissait la transformée Tc_E de la fonction caractéristique c_E de tout $E \in \mathcal{F}$.

Rappelons que F est dit T-idempotent (K. F., p. 168) si et seulement si $Tc_F = c_F$; l'ensemble de tous les F est une σ-algèbre $\mathcal{F}_T \subset \mathcal{F}$ (Shu-Teh Chen Moy, lemme 1.6).

([2]) J. Kampé de Fériet, *Ann. Soc. Scient. Bruxelles* : 63, 1949, p, 165-180, désigné ci-dessous par K. F.

([3]) *Coll. Algèbre Théorie des nombres*, Paris, 1949, p. 143-153.

([4]) *Harvard Thesis*, 1950.

([5]) *Pacific J. Math.*, 4, 1954, p. 47-63.

([6]) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1136 et 1950.

([7]) Nous admettons pour $f(x)$ la valeur $+\infty$.

([8]) On peut renverser l'ordre des données et partir d'un ensemble $\mathcal{M}$ de fonctions non négatives, *arbitraire*, à la seule condition de contenir les constantes et d'être fermé par rapport à la somme, au produit et aux limites de suites croissantes; $\mathcal{F}$ est alors la plus petite σ-Algèbre par rapport à laquelle toutes les fonctions de $\mathcal{M}$ sont mesurables.

([9]) On voit de suite que T est une projection : $T^2 = T$ (K. F., p. 168).

THÉORÈME. — *Pour que* Tc_E *définisse une transformation de Reynolds sur* $\mathfrak{M}$ *il faut et il suffit que*

(C₁) $$0 \leqq Tc_E \leqq Tc_x = 1,$$

(C₂) $$Tc_E = \sum_1^{+\infty} Tc_{E_n}, \qquad E = \bigcup_1^{+\infty} E_n \qquad (E_n \text{ disjoints} \in \mathcal{F}),$$

(C₃) $$Tc_{E \cap F} = c_F Tc_E, \qquad \text{pour tout } E \in \mathcal{F},\ F \in \mathcal{F}_T.$$

La démonstration que les conditions C sont nécessaires est triviale; pour la réciproque, le seul point qui ne soit pas évident, c'est que les C impliquent T_3; la preuve résulte de la remarque suivante : d'une part toute $f \in \mathfrak{M}$ peut être approchée par une suite croissante de fonctions simples (1); d'autre part pour toute $g \in \mathfrak{M}$, Tg peut être approchée par une suite croissante de fonctions simples de la forme particulière :

(2) $$g_n = \sum_1^N \beta_k c_{F_k} \qquad (F_k \in \mathcal{F}_T);$$

ceci résulte immédiatement de ce que Tg est mesurable par rapport à $\mathcal{F}_T$ (Shu-Teh Chen Moy, lemme 1.9).

3. On peut donner une forme plus frappante aux conditions C; posons $\lambda_x(E) = Tc_E$; C_1 et C_2 expriment simplement que, pour tout $x \in X$ (fixe), λ_x définit sur $\mathcal{F}$ une *mesure;* cette mesure correspond à une transformation de Reynolds si et seulement si :

(C′₃) $$\lambda_x(E \cap F) = \lambda_x(E)\,\lambda_x(F) \qquad (E \in \mathcal{F},\ F \in \mathcal{F}_T).$$

Comme $\lambda_x(X) = 1$, λ_x est une *mesure de probabilité;* dans le langage du Calcul des probabilités, on peut donc dire : *la mesure* λ_x *ne définit une transformation de Reynolds que si et seulement si tout ensemble* $E \in \mathcal{F}$ *est indépendant de tout ensemble* $F \in \mathcal{F}_T$.

4. Comme exemple prenons pour X la droite réelle, pour $\mathcal{F}$ l'ensemble $\mathcal{P}(X)$ de toutes les parties de X; pour $\mathcal{F}_T$ l'ensemble de toutes les parties symétriques par rapport à 0; $\mathfrak{M}$ est l'ensemble de toutes les fonctions à valeurs non négatives sur X.

Exemple A. — λ_x est la mesure déterminée par deux masses égales à 1/2 placées aux points x et $-x$; toute partie de X est mesurable; C'_3 est satisfaite; on a la transformation de Reynolds :

$$Tf = [f(x) + f(-x)] : 2$$

Exemple B. — λ_x est la mesure déterminée par une masse unité placée au au point $|x|$; C'_3 est satisfaite; on a donc encore une transformation de Reynolds : $Tf = f(|x|)$.

M. **Roger Heim** s'exprime en ces termes :

La quatrième Assemblée générale de l'Union Internationale pour la Protection de la Nature a tenu ses assises à Copenhague, du 25 août au 3 septembre dernier. Deux cents délégués, appartenant à 33 pays, ont participé aux discussions qui s'appliquaient, d'une part à l'organisation même de l'Union et à son futur programme, d'autre part à la matière, riche en possibilités d'échanges de vues, qu'ouvraient aux participants les trois motifs techniques d'actualité mis à l'ordre du jour de cet important congrès : protection de la grande faune arctique, répercussions provoquées par l'emploi trop souvent inconsidéré des insecticides, fongicides et herbicides de synthèse sur les équilibres naturels et particulièrement sur les insectes utiles (abeilles et pollinisation en premier lieu), les oiseaux et les mammifères, enfin modes et moyens de publicité en faveur de la protection de la nature. Des vœux détaillés ont clos ces discussions : les précisions qu'ils renferment serviront grandement l'action menée en faveur des thèmes auxquels elles s'appliquaient.

L'Assemblée a constitué un Comité international permanent, où se retrouveront quelques zoologistes des pays nordiques d'Europe et d'Amérique, dont le but sera de faire face à la double exigence, d'ordre scientifique et économique, posée par la sauvegarde d'espèces animales arctiques comme les mammifères marins (morse et ours polaire), le glouton, le lynx, le faucon gyr. Consciente de l'importance grandissante des problèmes d'écologie, notamment de ceux qui concernent la protection des paysages naturels dans les pays densément peuplés, elle a créé une Commission internationale d'écologie, que présidera M. John Berry, d'Edimbourg. Elle s'est préoccupée des graves incidences que pose l'augmentation démographique considérable de la planète face aux possibilités non illimitées d'accroissement de la production mondiale en denrées alimentaires. Elle s'est intéressée à la pollution des mers par le mazout. Elle a continué de placer en tête de ses soucis l'examen des ruptures d'équilibres naturels provoquées par l'établissement des barrages et des moyens de les éviter, entre autres par des confrontations, sur le terrain, entre naturalistes, écologistes, pédologues et ingénieurs. Enfin, elle a dressé le bilan des résultats liés à l'œuvre naissante de l'Union internationale dont l'activité s'est déjà répercutée à travers le monde d'une manière que traduit partout l'intérêt grandissant porté à la défense des ressources naturelles ainsi qu'aux problèmes qui en découlent et qui trouvent d'ailleurs au sein de notre Académie un écho très attentif.

L'Assemblée, à laquelle assistaient non seulement d'importantes délégations des pays scandinaves, de Grande Bretagne, de France, d'Italie, des États-Unis, du Canada, mais pour la première fois, des observateurs soviétiques, a bien voulu réserver à notre pays et à notre Académie l'honneur de désigner l'un de ses membres comme Président de l'Union, en remplacement de M. Ch. J. Bernard, de Genève, parvenu au terme de son mandat. Le bureau

de l'UIPN est ainsi constitué : président, Roger Heim (Paris); vice-présidents : lord Hurcomb (Londres), M. C. Bloemers (La Haye), W. Phelps jun. (Caracas). Les nouveaux membres du Conseil exécutif seront H. Gams (Vienne), J. Baer (Neuchatel), V. van Straelen (Bruxelles), R. Westwood (Washington). L'actif secrétaire général, J.-P. Harroy (Bruxelles), conserve ses fonctions au siège de l'Union.

La cinquième Assemblée de l'UIPN se tiendra à Edimbourg, en juin 1956.

M. **Henri Humbert** fait hommage à l'Académie de deux fascicules de la *Flore de Madagascar et des Comores* (*Plantes vasculaires*), qu'il dirige : 1° 66ᵉ *à* 69ᵉ *famille*, par Alberto Cavaco; 2° 147ᵉ, 148ᵉ, 149ᵉ, 151ᵉ *famille*, par Henri Perrier de La Bâthie, 150ᵉ *famille*, par Jean Arènes.

M. **Serge Bernstein** adresse en hommage à l'Académie le 2ᵉ Volume de ses Œuvres intitulé : *Sobranie Sotchineny : Konstrouktivnaia teoria founktsy* (1931-1953).

M. **Aimé Coutagne** adresse en hommage à l'Académie le texte de trois Communications présentées, la 1ʳᵉ à la Conférence technique du Sud-Est Asiatique, à Tokyo, la 2ᵉ aux Troisièmes Journées de l'Hydraulique, à Alger, la 3ᵉ à l'occasion d'un Congrès du Bureau Central hydrographique autrichien, à Vienne.

M. **René Dujarric de La Rivière** dépose sur le Bureau de l'Académie, une *Notice* sur la vie et l'œuvre de son prédécesseur, Emmanuel Leclainche, qui sera imprimée dans le Recueil des *Notices et Discours*.

PLIS CACHETÉS.

A la demande des auteurs, le pli cacheté accepté en la séance du 12 avril 1954 et enregistré sous le n° 13 323, est ouvert par M. le Président.

Le document qui en est retiré sera soumis à l'examen de la Section de physique générale.

CORRESPONDANCE.

M. **Jean Aubert** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des applications de la science à l'industrie, par le décès de M. *René Barthélemy*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Cent cinquantenaire des Facultés et Écoles de pharmacie et de l'Académie de pharmacie* (1803-1953).

2° Eighth Pacific Science Congress of the Pacific Science Association and the fourth Far-Eastern prehistory Congress. *Abstracts of papers* et *Supplement. General Programme.*

3° Eighth Pacific Science Congress. November 16 to 28, 1953. Quezon City, Philippines. *Philippine Fisheries.*

4° *Forest Industries of the Philippines*, by Winslow L. Gooch.

5° *Minor Products of Philippine Forests*, by William H. Brown. Vol. I et II.

6° *Uppsala Universitets, Årsskrift. (Acta Universitatis Upsaliensis)* 1952. Band II.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les fonctions d'ondes à singularités localisées mobiles le long des trajectoires représentant l'électron en interaction avec un champ magnétique constant.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Détermination complète des trajectoires et des fonctions d'ondes à singularités localisées mobiles le long des trajectoires dans le cas d'un corpuscule chargé en interaction avec un champ magnétique constant.

Nous nous proposons, suivant la nouvelle interprétation de la Mécanique ondulatoire développée par M. Louis de Broglie (1), de déterminer les fonctions d'ondes à singularités localisées mobiles le long des trajectoires dans le cas d'un corpuscule chargé en interaction avec un champ magnétique extérieur constant. Nous utilisons la méthode que nous avons indiquée dans une Note précédente (2).

Nous représentons le champ magnétique extérieur, $H = H_z$, $H_x = H_y = 0$, par le potentiel vecteur $A_z = 0$, $A_x \equiv -H_1 y$, $A_y = H_2 x$ avec $H_1 + H_2 = H$.

L'équation d'ondes non relativiste

$$(1) \qquad [2mi\hbar\,\partial_t + (i\hbar\,\partial_x + \varepsilon A_x)^2 + (i\hbar\,\partial_y + \varepsilon A_y)^2 + (i\hbar\,\partial_z + \varepsilon A_z)^2]\Phi(x, y, z, t) = 0$$

nous donne en posant $\Phi(x, y, z, t) = a(x, y, z, t)\exp[(i/\hbar)S(x, y, z, t)]$, ($a$ et S réels), $\varepsilon = e/c$, $K_1 = \varepsilon H_1$, $K_2 = \varepsilon H_2$, $K_1 + K_2 = \varepsilon H$,

$$2m(\partial_t a) - 2[(\partial_x S + K_1 y)(\partial_x a) + (\partial_y S - K_2 x)(\partial_y a) + (\partial_z S)(\partial_z a)] - \Delta S\, a = 0,$$
$$[2m(\partial_t S) - (\partial_x S + K_1 y)^2 - (\partial_y S - K_2 x)^2 - (\partial_z S)^2]a + \hbar^2 \Delta a = 0.$$

La condition (2) $\Delta S = 0$, nous conduit à poser

$$(2) \qquad S = S_0(t) - S_1(t)x - S_2(t)y - \gamma z - \delta xy.$$

(1) Cours professé à l'Institut H. Poincaré, 1952-1953, 1953-1954.

(2) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 344.

$S_0(t)$, $S_1(t)$, $S_2(t)$ sont des fonctions à déterminer, γ et δ des constantes. Écrivant $k_1 = K_1 - \delta$, $k_2 = K_2 + \delta$, $k = k_1 + k_2 = \varepsilon H$ ce système se réduit à

$$(3) \qquad m(\partial_t a) + (S_1 - k_1 y)(\partial_x a) + (S_2 + k_2 x)(\partial_y a) + \gamma(\partial_z a) = 0,$$

$$(4) \qquad 2m[S'_0 - S'_1 x - S'_2 y] - (S_1 - k_1 y)^2 - (S_2 + k_2 x)^2 - \gamma^2 + \hbar^2(\Delta a/a) = 0.$$

Le système (3) admet pour caractéristiques les trajectoires $x = \varphi(t), y = \psi(t)$, $z = z_0 + (\gamma/m)(t - t_0)$, telles que

$$(5) \qquad m\varphi'(t) = S_1(t) - k_1\psi(t); \qquad m\psi'(t) = S_2(t) + k_2\varphi(t).$$

Par le changement de variables

$$(6) \qquad \lambda = x - \varphi(t), \qquad \mu = y - \psi(t), \qquad \nu = z - z_0 + (\gamma/m)(t - t_0)$$

nous obtenons $a(x, y, z, t) = a(\lambda, \mu, \nu)$, $\Delta_{xyz} a = \Delta_{\lambda,\mu,\nu} a$. En écrivant que l'équation transformée de (4) est indépendante de t, on est conduit aux conditions

$$(7) \qquad \begin{cases} mS'_1 + k_2 S_2 + k_2^2\varphi = A_1; \qquad mS'_2 - k_1 S_1 + k_1^2\psi = A_2 \\ 2mS'_0 - S_1^2 - S_2^2 - \gamma^2 - 2\varphi A_1 - 2\psi A_2 + k_2^2\varphi^2 + k_1^2\psi^2 = B, \end{cases}$$

A_1, A_2, B sont des constantes arbitraires. (4) se réduit à

$$\hbar^2 \Delta a - (k_2^2\lambda^2 + k_1^2\mu^2 + 2\lambda A_1 + 2\mu A_2 - B)a = 0.$$

Les équations (5) et (7) déterminent la trajectoire et les fonctions S_0, S_1, S_2. On trouve alors, R et φ_0 désignant des constantes et en posant $\omega = k/m = eH/mc$,

$$\varphi(t) = R\cos[\omega(t - t_0) - \varphi_0] + x_0 - R\cos\varphi_0 - (A_2/km)(t - t_0),$$
$$\psi(t) = R\sin[\omega(t - t_0) - \varphi_0] + y_0 + R\sin\varphi_0 + (A_1/km)(t - t_0),$$
$$S_1(t) = -k_2 R\sin[\omega(t - t_0) - \varphi_0] + k_1(y_0 + R\sin\varphi_0) + (k_1 A_1/km)(t - t_0) - (A_2/k),$$
$$S_2(t) = k_1 R\cos[\omega(t - t_0) - \varphi_0] - k_2(x_0 - R\cos\varphi_0) + (k_2 A_2/km)(t - t_0) + (A_1/k),$$
$$2mS'_0 = B + \gamma^2 + m^2(\varphi'^2 + \psi'^2) + (2m^2/k)(k_1\psi''\psi + k_2\varphi''\varphi) + (2/k)(k_1 A_1\varphi + k_2 A_2\psi).$$

Pour $A_1 = A_2 = 0$, on retrouve les trajectoires classiques de l'électron dans un champ magnétique constant. Alors

$$R = (mc/eH)[(v_x^0)^2 + (v_y^0)^2]^{\frac{1}{2}}, \qquad \gamma/m = v_z^0; \ \mathrm{tg}\varphi_0 = v_x^0/v_y^0,$$
$$S_0(t) = (B + \gamma^2)(t/2m) + (R^2/4)(k_1 - k_2)\sin[2\omega(t - t_0) - 2\varphi_0]$$
$$- R[k_2(x_0 - R\cos\varphi_0)\sin[\omega(t - t_0) - \varphi_0] - k_1(y_0 + R\sin\varphi_0)\cos[\omega(t - t_0) - \varphi_0].$$

La jauge δ est restée jusqu'ici arbitraire. Nous pouvons la déterminer de façon à avoir soit $k_1 = 0$, soit $k_2 = 0$. Si l'on pose $k_1 = 0$, $k_2 = k = \varepsilon H$, $\delta = K_1 = \varepsilon H_1$, il reste dans le cas $A_1 = A_2 = 0$,

$$\varphi(t) = R\cos[\omega(t - t_0) - \varphi_0] + x_0 - R\cos\varphi_0;$$
$$\psi(t) = R\sin[\omega(t - t_0) - \varphi_0] + y_0 + R\sin\varphi_0;$$
$$S_1(t) = -kR\sin[\omega(t - t_0) - \varphi_0]; \qquad S_2(t) = -k(x_0 - R\cos\varphi_0);$$
$$S_0(t) = (B + \gamma^2)(t/2m) - (kR^2/4)\sin[2\omega(t - t_0) - 2\varphi_0]$$
$$- kR(x_0 - R\sin\varphi_0)\sin[\omega(t - t_0) - \varphi_0];$$

$$(8) \qquad \hbar^2\left(\frac{\partial^2}{\partial\lambda^2} + \frac{\partial^2}{\partial\mu^2} + \frac{\partial^2}{\partial\nu^2}\right)a + (B - k^2\lambda^2)a = 0.$$

On retrouve transposée dans l'espace λ, μ, ν l'équation de Schrödinger relative à l'oscillateur harmonique obtenue par L. Landau dans le problème de l'électron en interaction avec un champ magnétique constant. Les fonctions $a(\lambda, \mu, \nu)$ acceptables devront posséder une singularité localisée au point $\lambda = \mu = \nu = 0$ et décroître suffisamment vite pour les grandes valeurs de λ, μ, ν. Cette condition détermine des valeurs quantifiées pour B. Si $\mu = \nu = 0$, (8) donne

$$\left[\frac{\partial^2}{\partial\lambda^2} + \frac{2}{\lambda}\frac{\partial}{\partial\lambda} - \frac{l(l+1)}{\lambda^2} - \left(\frac{k}{\hbar}\right)^2\lambda^2 + \frac{B}{\hbar^2}\right]a(\lambda, 0, 0) = 0,$$

$$a(\lambda, 0, 0) = \alpha_{l,n}\, e^{-\frac{k}{2\hbar}\lambda^2}\lambda^{-(l+1)}\,{}_1F_1\left(-n, -l+\frac{1}{2}; \frac{k}{\hbar}\lambda^2\right),$$

($\alpha_{l,n}$ constantes de structure du corpuscule; n, $l = 0, 1, 2, \ldots$), avec pour B les valeurs propres quantifiées

$$B = 2\hbar k\left(2n - l + \frac{1}{2}\right) = 2(e/c)\,H\hbar\left(2n - l + \frac{1}{2}\right).$$

ÉLECTRONIQUE. — *Sur les alliages de nickel à haut pouvoir d'émission secondaire.* Note (*) de MM. **Albert Bobenrieth**, **Jacques Millet** et **Stanislas Teszner**, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans la présente Note sont décrits des résultats de travaux sur les alliages de nickel-beryllium et de nickel-magnésium.

Les alliages contenant du beryllium, ou du magnésium, ont déjà été étudiés en France au point de vue de l'émission secondaire par Warnecke ([1]) et plus tard par Le Boiteux ([2]), et les alliages de nickel et de beryllium ont fait l'objet d'études approfondies de Gille ([3]) en Allemagne.

Des résultats intéressants ont été obtenus, des pouvoirs d'émission secondaire de l'ordre de 12 ayant été atteints après un traitement de recuit favorisant la précipitation structurale, c'est-à-dire la formation du composé électronique Ni-Be qui paraît constituer une condition liminaire d'un haut pouvoir d'émission secondaire, et après une oxydation appropriée.

Toutefois, ces recherches n'ont pas été poussées au delà d'une teneur en beryllium de 2,5 en poids (soit de 14,4 % atomes-grammes). Or, au cours de nos recherches, nous avons trouvé que le composé électronique Ni-Be n'apparaît régulièrement que pour des teneurs en beryllium au moins égales à 2,8 % en poids. Il nous a donc semblé intéressant de tenter la fabrication des alliages du nickel et de beryllium à teneur en beryllium nettement supérieure et allant jusqu'à 5 %.

(*) Séance du 27 septembre 1954.

([1]) Brevet français n° 824-365.

([2]) *Rev. Techn. C. G. C. T.*, L. M. T., 1, 1941, p. 21-51.

([3]) *Z. techn. Physik*, 9, n° 9, 1941, p. 228-232.

La fabrication de tels alliages a soulevé de nombreuses difficultés; elle a été finalement réussie dans un four à haute fréquence sous faible pression et en recouvrant le composant le plus fusible par celui à point de fusion plus élevé de façon à éviter son oxydation.

Après fusion, ces alliages ont été comprimés à une température légèrement inférieure à la température de fusion et pour une pression de l'ordre de 10 kg/cm². De la sorte, des alliages pratiquement homogènes ont été obtenus.

Les constatations suivantes ont été faites :

a. jusqu'à teneur en beryllium de 2,5 %, les alliages comportent principalement une solution solide de beryllium dans le nickel : la solution solide saturée cristallise dans le système cubique de maille $a = 3{,}505$ Å;

b. le composé électronique qui apparaît régulièrement pour des teneurs en beryllium supérieures cristallise également dans un système cubique avec $c = 2{,}614$ Å;

c. les paramètres indiqués ci-dessus correspondent à un état stable; tant que la valeur correspondant à la solution solide n'est pas atteinte, l'alliage ne présente pas la stabilité permettant son traitement et en particulier son oxydation de manière reproductible.

Sur les pastilles d'alliages ainsi stabilisés et traités par recuit à 450° C (12 h) et oxydation à 800° C (6 h), on a procédé à des mesures du pouvoir d'émission secondaire dans un tube à vide démontable comportant un canon électronique porté à un potentiel négatif (tension d'accélération), une cible et une électrode collectrice portée à un potentiel positif (tension d'extraction) par rapport à celle-ci. Avant chaque essai, on effectue un pompage et un étuvage de 2 h à 450° C. Nous donnons ci-après des résultats particulièrement caractéristiques.

a. Sur des échantillons nickel (96 %) et beryllium (4 %) :

TABLEAU I.

Échantillon n° 1.

$U_{acc.}$ \ $U_{extr.}$	100 V.	200 V.	300 V.	400 V.	500 V.
300 V	6,8	24,4	53,5	71,5	80,4
400	3,2	18,4	33	62	71,4
500	2,2	10,4	19,5	46,5	55,4
600	1,4	5,4	12,5	24,5	33,4
800	1,2	2,8	5,5	9,5	13,4

TABLEAU II.

Échantillon n° 2 : *Mesures après un essai de durée de* 1 h.

$U_{acc.}$ \ $U_{extr.}$	100 V.	200 V.	300 V.	400 V.	500 V.
300 V	50	75	75	75	75
400	45	85	87	88	88
500	40	80	92	95	95
600	30	75	92	96	96

Dans les deux cas, le débit secondaire mesuré est de 1 mA au maximum; pour des débits secondaires sensiblement plus élevés, on constate une détérioration de la couche d'oxyde accompagnée d'une chute notable de coefficient d'émission secondaire.

Dans les limites de ce débit, des essais de durée de 8 h n'ont pas montré des signes de fatigue. Par ailleurs, la comparaison entre les tableaux I et II montre que l'essai de durée préalable paraît avoir atténué l'influence de la tension d'extraction sur le débit secondaire; un phénomène de formation est possible.

b. Sur des échantillons nickel (97 %) et beryllium (3 %) :

TABLEAU III.

$U_{acc.}$ $U_{extr.}$	100 V.	200 V.	300 V.	400 V.	500 V.
300 V	1,2	5	10	25	35
400	1,5	6	16	30	42
500	2	7	20	35	45

On constate qu'en moyenne le pouvoir d'émission secondaire est nettement plus petit que pour l'alliage précédent.

Parallèlement il a été réalisé des alliages nickel-magnésium en teneurs allant seulement jusqu'à 1,2 % étant donné les difficultés particulières de formation. On n'a pas obtenu de pouvoirs d'émission secondaire supérieurs à 2.

Il semble donc que, des alliages de nickel, ceux au beryllium soient au point de vue de l'émission secondaire plus intéressants que ceux au magnésium. Les alliages présentant les plus hautes teneurs en beryllium donnent les résultats les plus remarquables.

Il est à noter que les résultats précédents ont été obtenus en régime statique et de relativement courte durée. Des investigations portant sur la stabilité en fonctionnement prolongé, sur l'amplitude des fluctuations rapides et sur la réponse dynamique en fonction de la fréquence sont en projet.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur la possibilité d'obtenir des ondes entretenues très courtes en utilisant un klystron reflex donnant de l'énergie sur des fréquences harmoniques d'ordre élevé de l'oscillation fondamentale.* Note de MM. **Jean Bernier** et **Henri Leboutet**, présentée par M. Camille Gutton.

Les fréquences propres d'oscillation d'une cavité métallique forment une suite infinie de nombres $f_1, f_2, \ldots, f_n$ qui ne sont pas en général multiples les uns des autres. On peut cependant construire et régler une cavité (par exemple une cavité rhumbatron du type utilisé dans les klystrons) qui soit telle qu'un ou plusieurs des f_n soit un multiple exact de la fréquence fondamentale f_1.

Un calcul de raccordement des champs électromagnétiques dans la cavité permet d'exprimer les longueurs d'onde propres de résonance par une

relation de la forme suivante (valable seulement dans les limites approximatives $1,7\,a \leq \lambda \leq 6,2\,a$)

$$\frac{b}{\lambda_{k;n}} = \frac{\varepsilon m}{2,62(m-1)} + \left(1 - \frac{\varepsilon}{m-1}\right)\sqrt{\frac{n^2}{4}\left(\frac{b}{l}\right)^2 + \frac{k^2}{4}\left(\frac{m}{m-1}\right)^2};$$

où n et k sont des nombres entiers $n \geq 0$, $k \geq 1$.

$\lambda_{k;n}$ désigne le mode d'oscillation caractérisé par les nombres n et k, $\varepsilon = d/l$, $m = b/a$ sont fonctions des dimensions de la cavité (*fig.* 1).

La valeur de la longueur d'onde d'oscillation fondamentale peut être calculée par une méthode classique ([1]).

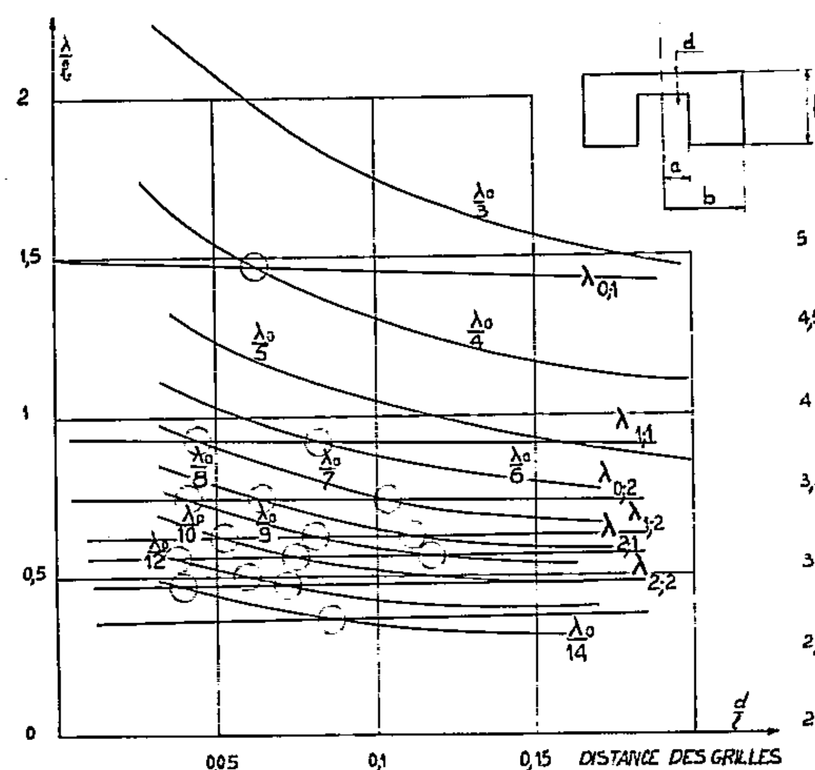


Fig. 1.

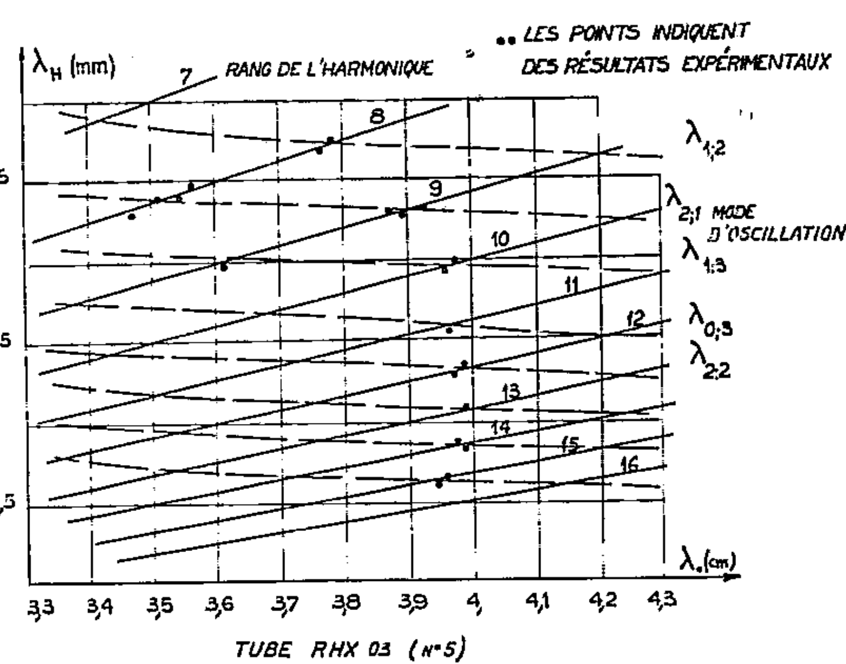


Fig. 2.

Sur la figure 1, on a tracé les courbes donnant les variations des $\lambda_{k;n}$ en fonction d'un paramètre géométrique de la cavité, la distance des grilles, et les courbes donnant les valeurs correspondantes des harmoniques exactes de la fréquence fondamentale. Les réseaux de courbes ont une infinité de points d'intersection.

En chacun de ses points, la cavité est susceptible d'osciller sur deux fréquences : la fréquence fondamentale et un de ses harmoniques vrais.

L'expérience montre que la surtension d'un certain nombre de ces modes d'oscillations élevés est de l'ordre de 200 à 300, et si la cavité est telle que chacun de ces modes est correctement couplé au faisceau électronique, il est possible à celui-ci d'exciter les deux mode à la fois.

En effet, supposons qu'un champ H. F. à la fréquence fondamentale apparaisse dans l'espace d'interaction. Le faisceau au retour de l'espace réflecteur est alors modulé en densité et la théorie classique du tube indique que l'inten-

([1]) J. Bernier, *Thèse* (*Sur la théorie des cavités électromagnétiques*), 1944.

sité peut s'exprimer par une relation de la forme suivante :

$$I = I_0 + 2\sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n (\cos n\omega_0 t + \varphi_n),$$

α_n étant une fonction de n, du temps de transit de l'électron dans l'espace de freinage et de l'intensité du champ H. F. On peut obtenir par un réglage convenable à la fois de la charge présentée à l'oscillation fondamentale et de la tension du réflecteur (ces deux réglages étant en général très critiques), un maximum d'un des termes α_n en même temps qu'une valeur suffisante de α_1 pour entretenir l'oscillation.

Résultats obtenus. — La figure 2 montre les régions où l'on a effectivement obtenu de l'énergie harmonique, avec des tubes munis des dispositifs de couplage convenables à la fois pour l'énergie fondamentale et pour l'énergie harmonique, avec des puissances de l'ordre de quelques dizaines de microwatts, dans les conditions expérimentales suivantes :

Tension d'accélération du faisceau........................	2 000 V environ
Courant électronique....................................	65 mA
Tension réflecteur..	de 1 000 à 1 500 V

Longueurs d'ondes fondamentales (cm) :

3,8 3,52 3,96 3,6 4 3,96 3,97 3,96 3,99 3,93 4,08

Longueurs d'ondes harmoniques correspondantes (mm) :

4,75 4,4 4,4 4 4 3,6 3,3 3,05 2,85 2,62 1,7

Rang de l'harmonique correspondant :

8 8 9 9 10 11 12 13 14 15 24

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Les amplitudes des oscillations dans le synchrotron à forte convergence.* Note de M. **Joseph Seiden**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous donnons ici des formules simples, permettant de calculer les amplitudes des oscillations effectuées par les particules accélérées dans un synchrotron à forte convergence. La stabilité des orbites étant assurée, ces oscillations ont lieu autour d'une orbite fermée (O) qui dans le cas toujours réalisé d'un synchrotron soumis à des perturbations d'origine mécanique et magnétique, ne se confond pas avec la circonférence centrale $r = r_0$ de la chambre à vide. Le calcul comporte donc deux parties : il faudra d'abord situer (O) par rapport à la circonférence centrale ; il faudra évaluer ensuite l'amplitude des oscillations autour de (O).

1. Supposons que chacune des N périodes du synchrotron soit montée et alignée en bloc. Soit δ_p le décalage [1] commun (par exemple vertical) des

[1] J. Seiden, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1145.

lentilles de la $p^{\text{ième}}$ période à partir de leur position idéale. Le carré moyen $\overline{Z_d^2}$ du déplacement maximum vertical de (O) relativement à la circonférence centrale, qui résulte des décalages δ_p, est donné sensiblement par [2], [3]

$$\overline{Z_d^2} = N \mid \max s_{12}^z(\theta) \mid \operatorname{tg} \frac{\varphi_z}{2} \left(2\alpha_z \sin^2 \frac{N\varphi_z}{2} \right)^{-1} \overline{\delta^2}, \tag{1}$$

où $\mathcal{S}_z = (s_{ik}^z(\theta))$ désigne la matrice permettant de passer de $Z(\theta)$ et $Z'(\theta)$ à $Z(\theta + 2\pi/N)$ et $Z'(\theta + 2\pi/N)$. Le maximum de $s_{12}^z(\theta)$ est à rechercher en faisant varier θ dans un intervalle d'amplitude $2\pi/N$. φ_z est défini par $2\cos\varphi_z = s_{11}^z(\theta) + s_{22}^z(\theta)$, $0 < \varphi_z < \pi$. On suppose qu'il existe une valeur θ_m de θ pour laquelle $s_{12}^z(\theta_m) = \alpha_z \sin\varphi_z$. $\overline{\delta^2}$ est le carré moyen des δ_p, supposés statistiquement indépendants entre eux. Le couplage entre oscillations verticales Z et radiales X, s'il est assez faible, n'influe pratiquement pas sur la situation de (O) dans la chambre à vide. On obtiendra $\overline{X_d^2}$ en remplaçant dans (1) les indices Z par X.

Supposons maintenant que chacune des j lentilles magnétiques que comporte une période est alignée séparément, donc décalée de façon particulière. Il faudra alors généraliser (1) de la façon suivante : pour une période, on aura une relation de la forme

$$\begin{pmatrix} Z(\theta + 2\pi N^{-1}) \\ Z'(\theta + 2\pi N^{-1}) \end{pmatrix} = \mathcal{S}_z \begin{pmatrix} Z(\theta) \\ Z'(\theta) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} f(\delta_1, \delta_2, \ldots, \delta_j) \\ g(\delta_1, \delta_2, \ldots, \delta_j) \end{pmatrix},$$

f et g étant des formes linéaires des décalages $\delta_1, \delta_2, \ldots, \delta_j$ relatifs à chacune des j lentilles de la période. On définira des quantités δ_e et ε_e au moyen de

$$\begin{pmatrix} \delta_e \\ \varepsilon_e \end{pmatrix} = (\mathcal{S}_z - 1)^{-1} \begin{pmatrix} f(\delta_1, \delta_2, \ldots, \delta_j) \\ g(\delta_1, \delta_2, \ldots, \delta_j) \end{pmatrix}. \tag{2}$$

Le carré moyen du déplacement maximum de (O) sera finalement égal à (3)

$$\overline{Z_d^2} = N \mid \max s_{12}^z(\theta) \mid \operatorname{tg} \frac{\varphi_z}{2} \left(2\alpha_z \sin^2 \frac{N\varphi_z}{2} \right)^{-1} [\overline{\delta_e^2} + \alpha_z^2 \overline{\varepsilon_e^2}] \tag{3}$$

qui généralise (1). Les carrés moyens $\overline{\delta_e^2}$ et $\overline{\varepsilon_e^2}$ se déduisent aisément de (2). A titre d'exemple, nous avons évalué $\overline{\delta_e^2}$ et $\overline{\varepsilon_e^2}$ en fonction des décalages $\sqrt{\overline{\delta^2}}$ des aimants pour le cas où les périodes se composent de deux lentilles d'égale longueur et de « gradients » n opposés, chacune des lentilles étant alignée séparément. On trouve

$$\sqrt{\overline{\delta_e^2}} = F\left(\frac{\sqrt{n}}{N}\right)\sqrt{\overline{\delta^2}}, \qquad \sqrt{\overline{\varepsilon_e^2}} = \sqrt{n}\, r_0^{-1}\, G\left(\frac{\sqrt{n}}{N}\right)\sqrt{\overline{\delta^2}}.$$

φ_z.	$\sqrt{n}\,N^{-1}$.	$F(\sqrt{n}\,N^{-1})$.	$G(\sqrt{n}\,N^{-1})$.
$\frac{\pi}{2}$	0,5	3,5	2,7
$\frac{\pi}{5}$	0,33	8	4,2

(2) *Design Study for a* 15 BeV *Accelerator* (*Technical Report* 60, M.I.T.).

(3) J. Seiden, *Thèse*, Paris 1954.

Les valeurs de F et G tabulées ici indiquent qu'il y aurait avantage à monter les périodes en bloc. Si un tel alignement était impossible, il serait encore avantageux de monter des blocs formés d'un élément convergent et d'un élément divergent accolés ensemble.

Les erreurs de champ δH sur la circonférence centrale peuvent être assimilées, du point de vue de leurs effets sur les orbites, à des décalages radiaux $\delta = (r_0/n(\theta))\,\delta H/H$. Ces décalages sont statistiquement indépendants dans les diverses lentilles d'une période (peut-être dans divers tronçons d'une même lentille). Il faudra utiliser (2) et (3) et non (1). Les erreurs de champ n'affectent pas les oscillations verticales ([4]).

2. Les amplitudes des oscillations autour de (O) sont sensiblement celles que l'on calculerait en supposant que (O) coïncide avec la circonférence centrale. Le couplage entre Z et X n'influerait pas sur ces amplitudes si l'on pouvait établir le point de fonctionnement P du synchrotron assez loin d'une ligne $N(\varphi_X \pm \varphi_Z) = 2k\pi$. Cela est possible dans un synchrotron classique, mais difficile dans un appareil à forte convergence, où P pourra se trouver au voisinage de $N(\varphi_X - \varphi_Z) = 2k\pi$ pendant une fraction de seconde à cause de l'exiguïté des domaines de stabilité entre deux résonances consécutives. Au voisinage de $N(\varphi_X - \varphi_Z) = 2k\pi$, le couplage augmente considérablement les amplitudes calculées dans l'hypothèse de degrés de liberté X et Z indépendants. En ce cas, le maximum Z_{max} de l'amplitude verticale autour de (O) est donné par ([3]) :

$$(4) \qquad Z^2_{max} = \frac{1}{\sin\varphi_Z} \mid \max s^Z_{12}(\theta) \mid \left| \frac{1}{\sin\varphi_X} U_X(\theta_0, X_0, X'_0) + \frac{1}{\sin\varphi_Z} U_Z(\theta_0, Z_0, Z'_0) \right|,$$

avec

$$U_Z(\theta_0, Z_0, Z'_0) = s^Z_{12}(\theta_0)\, Z'^2_0 + [s^Z_{11}(\theta_0) - s^Z_{22}(\theta_0)]\, Z_0 Z'_0 - s^Z_{21}(\theta_0)\, Z^2_0,$$

Z_0 et Z'_0 étant les « amplitudes » initiales au point d'injection θ_0. U_X s'obtient en remplaçant les Z par X dans U_Z. On obtient X^2_{max} en permutant dans (4) les rôles de Z et de X. Le terme en U_X dans (4) est dû au couplage.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude de la radioactivité de* $^{124}_{51}Sb$. Note (*) de M. **Jean Moreau**, présentée par M. Francis Perrin.

Les énergies et intensités des spectres β de $^{124}_{51}Sb$ ont été déterminées par spectrométrie magnétique en coïncidence; la forme du spectre le plus énergique a ainsi été obtenue; elle correspond bien à la forme calculée pour une interdiction du premier ordre avec changement de spin égal à 1 dans l'hypothèse d'une interaction STP.

Avant les résultats de L. M. Langer, N. H. Lazar et R. J. D. Moffat ([1]), il était impossible de construire un schéma de désintégration de l'antimoine 124

([4]) Nous n'étudions pas ici les oscillations de phase.

(*) Séance du 20 septembre 1954.

([1]) *Phys. Rev.*, 91, 1953, p. 338.

avec les rayons γ connus et les spectres β partiels dont les énergies étaient déterminées par une analyse de Fermi du spectre complexe; les résultats restaient en désaccord quel que soit le coefficient de correction d'interdiction appliqué à la transition la plus énergique.

Mais depuis que H. M. Mahmoud et E. J. Konopinski ([2]) ont donné les coefficients de correction pour différents types d'interaction β, Langer, Lazar et Moffat ont obtenu des résultats cohérents en utilisant le coefficient de correction, valable dans le cas d'une interaction STP pour une transition interdite avec changement de spin égal à 1 (ce type de transition était d'ailleurs compatible avec les résultats de corrélation angulaire).

Par spectrométrie directe et en coïncidence, nous avons confirmé cette hypothèse, les valeurs des énergies β et le schéma de désintégration.

La source était constituée par un dépôt uniforme d'antimoine (1 mg/cm²) exposé aux neutrons thermiques de la pile de Châtillon; les mesures de spectrométrie directe ont été faites avec un spectromètre solénoïdal ([3]) et les mesures de spectrométrie en coïncidence avec un spectromètre ([4]) à bonne efficacité de coïncidence βγ.

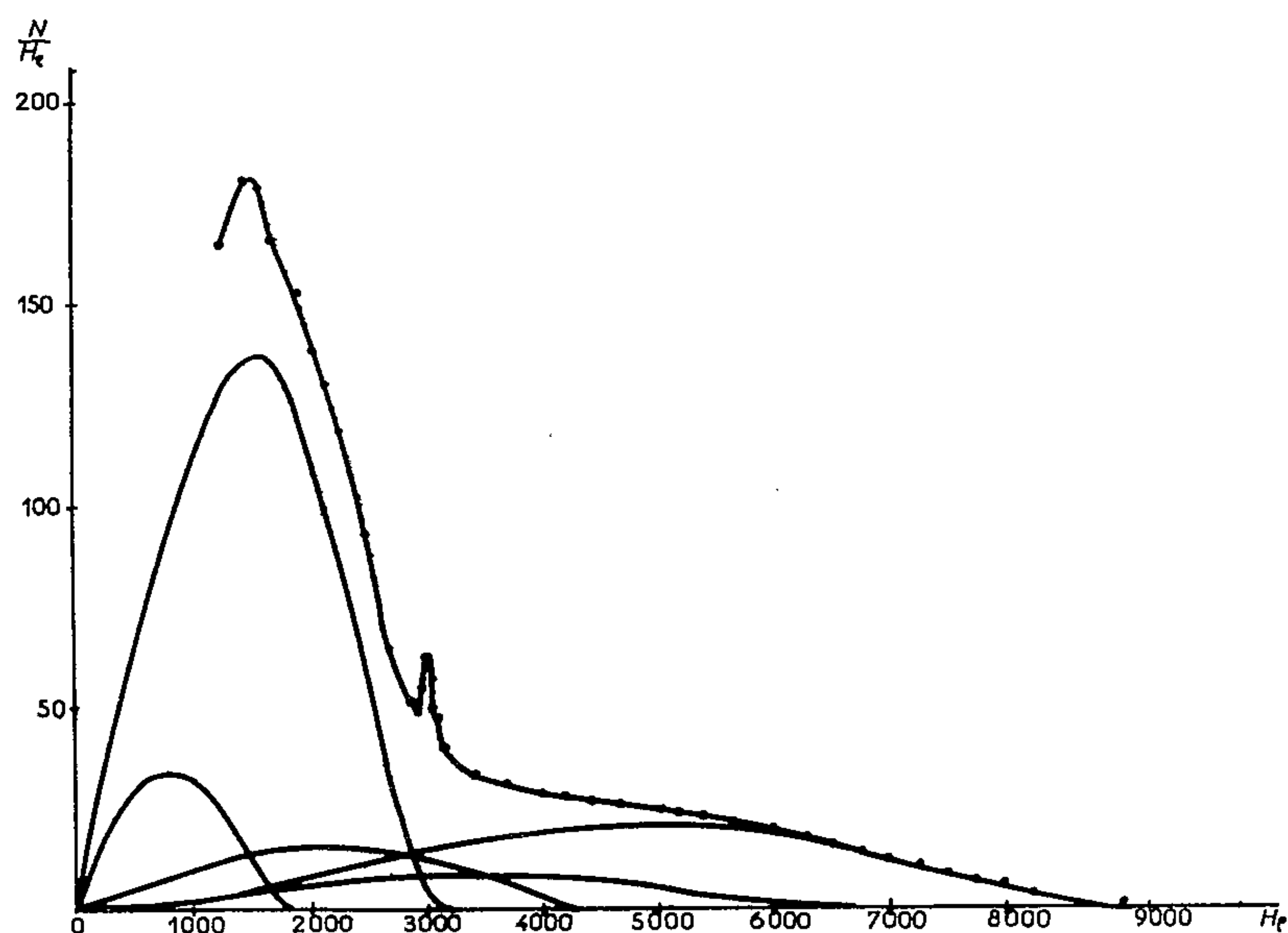


Fig. 1.

Le spectre β direct (*fig.* 1) a été obtenu avec un pouvoir séparateur de 3 %. L'analyse du rayonnement γ en coïncidence avec des particules β a été faite

([2]) *Phys. Rev.*, 88, 1952, p. 1266.

([3]) P. Bretonneau et J. Moreau, *J. Phys. Rad.*, 14, 1953, p. 25-30.

([4]) J. Moreau, Lettre au *Journal de Physique* (à paraître).

aux énergies de 1600 et 1000 keV (*fig.* 2) et la raie de 716 keV apparaît bien en coïncidence avec le second spectre.

En ne détectant que les particules β en coïncidence avec un rayonnement γ

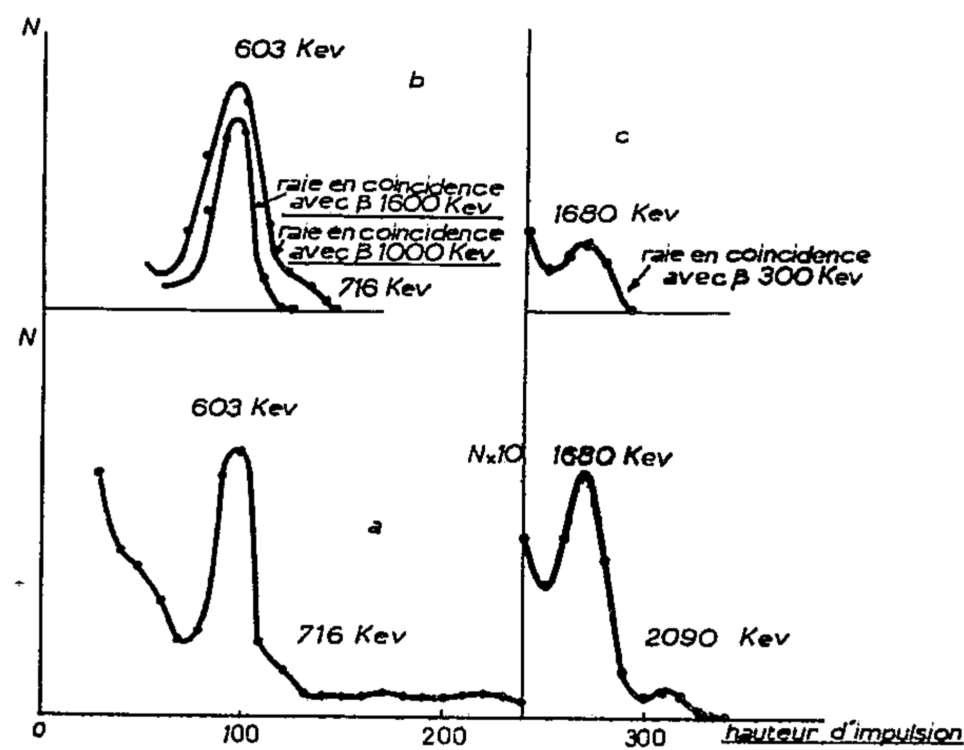


Fig. 2. — Spectre γ direct et en coïncidence.

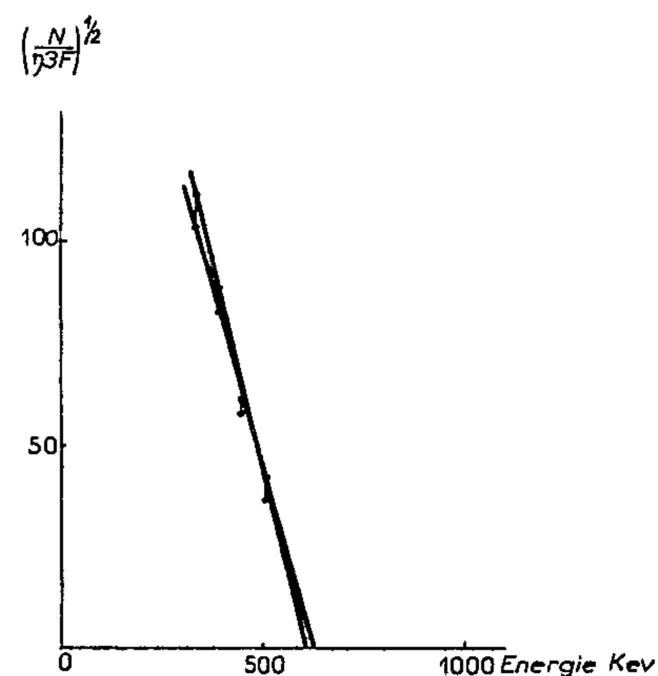


Fig. 3. — Diagramme de Fermi du 4ᵉ spectre en coïncidence.

d'énergie supérieure à 800 keV, nous avons déterminé l'énergie limite du 4ᵉ spectre (*fig.* 3) et l'analyse du rayonnement γ en coïncidence montre que c'est le γ de 1680 keV qui est en coïncidence avec ce spectre (*fig.* 2*c*).

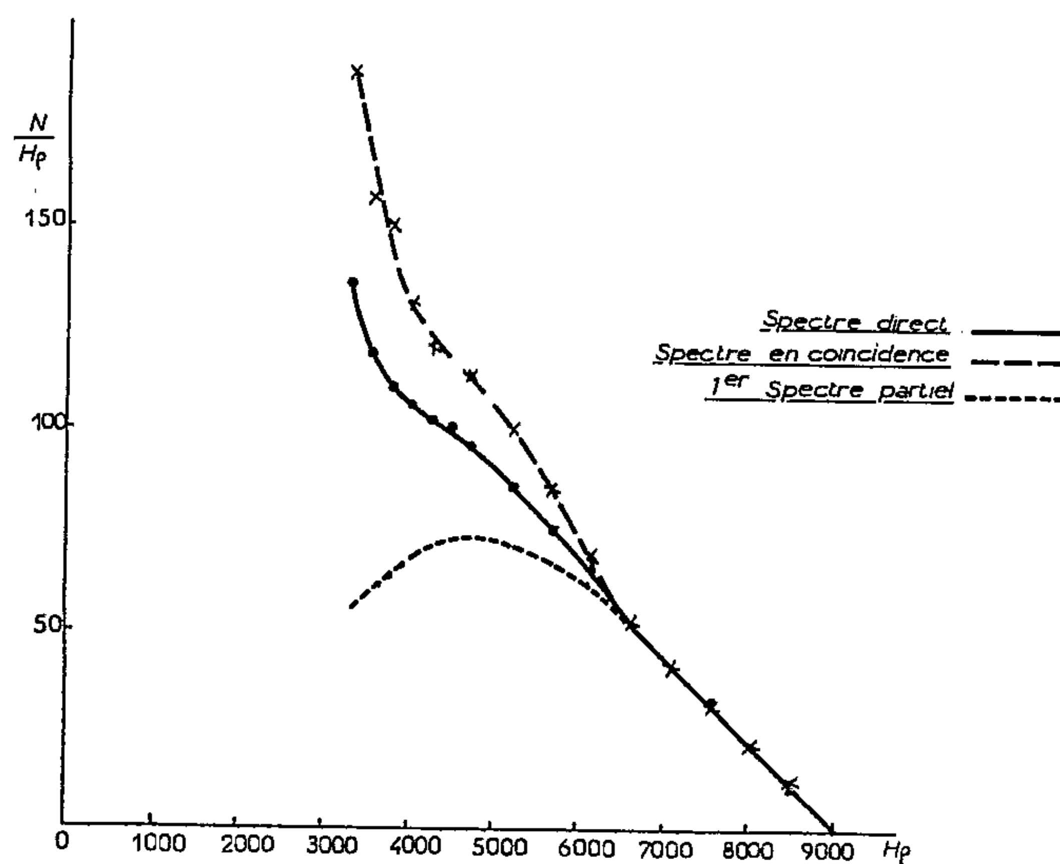


Fig. 4.

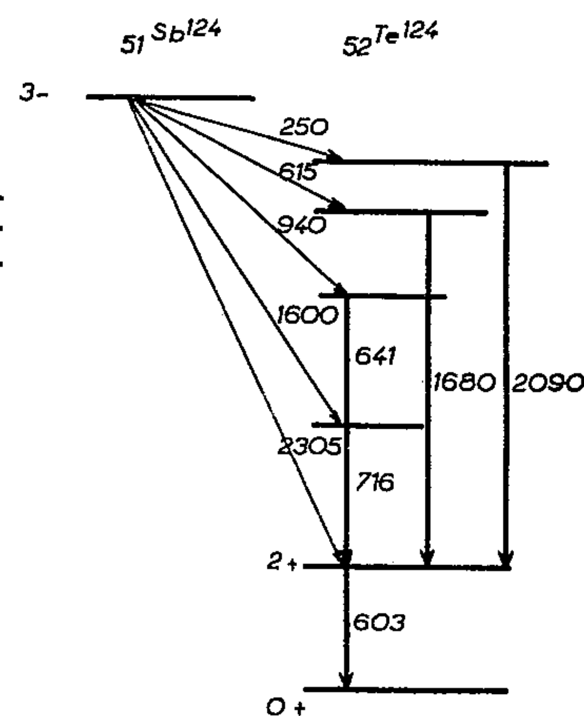


Fig. 5.

Suivant le schéma de désintégration, toute particule β du premier spectre a la probabilité K_{603} d'être détectée en coïncidence et toute particule du second spectre a une probabilité peu différente de $K_{603}+K_{716}$ d'être détectée en coïn-

cidence (K_{603} et $K_{716} \leqslant 1$); l'intensité et l'énergie limite du second spectre peuvent être obtenues en retranchant du spectre en coïncidence, le spectre direct multiplié par K_{603} (*fig.* 4); ces données permettent ainsi d'établir la forme du premier spectre qui correspond bien à une transition (1 oui) pour une interaction STP. Avec ce résultat nous avons obtenu pour les cinq spectres β les énergies et intensités suivantes :

Spectres β.	Énergie (keV).	Intensité (%).
1	2305 ± 10	22
2	1600 ± 20	7
3	940 ± 20	9
4	615 ± 10	53
5	250 ± 20	9

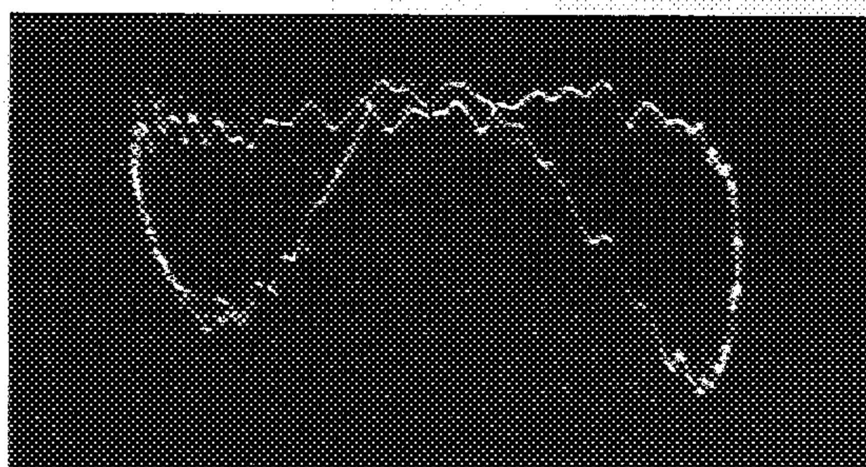
RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Observation de la résonance des protons entre* 10 *et* 50 kc/s. Note de MM. **Jacques Winter**, **Jean Salmon**, **Claude Manus**, **Georges Béné**, **Pierre Denis** et **Richard Extermann**, présentée par M. Jean Cabannes.

Description d'un dispositif permettant d'observer la résonance magnétique nucléaire en basse fréquence; résultats obtenus.

La méthode de F. Bloch (1) nous a permis d'observer la résonance nucléaire des protons dans le domaine des champs magnétiques compris entre 10 et 2 gauss. Comme l'amplitude du signal recueilli aux bornes de la bobine de réception décroît avec la fréquence de résonance, la faible valeur de cette dernière impose l'emploi d'un dispositif électronique particulièrement sensible et stable. Le domaine des fréquences exploré est situé dans l'intervalle 10-50 kc/s; elles sont fournies par un oscillateur du type pont de Wien, lequel est suivi d'un étage amplificateur alimentant les bobines d'émission. Celles-ci sont du type de Helmholtz et ont un diamètre de 18 cm. La bobine de réception a une longueur de 9 cm et un diamètre de 6 cm. Le volume maximum utile de l'échantillon est de 200 cm³ environ. L'enroulement est constitué par huit couches de 150 spires chacune, le coefficient de surtension variant entre 120 et 50 dans la gamme utilisée. Le récepteur a deux étages d'amplification HF dont les circuits oscillants sont équipés de selfs à noyaux de ferroxcube. Le champ continu est fourni par deux bobines de Helmholtz de 1,20 m de diamètre. Le balayage est obtenu à l'aide d'un second bobinage de même diamètre. La fréquence de balayage est fournie par le secteur 50 c/s. En utilisant comme substance soit de l'eau pure, soit une solution aqueuse de nitrate ferrique, soit de la glycérine, nous avons observé la résonance des

(1) *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 460.

protons directement à l'oscilloscope cathodique (*figure*). Les conditions d'observation sont assez critiques, l'amplitude de balayage devant être réglée en fonction de l'énergie haute fréquence et des temps de relaxation de la substance étudiée.



Résonance des protons pour H = 5 gauss.

Les signaux observés qui dépassent sept à huit fois le bruit de fond vers 5 gauss diminuent rapidement d'amplitude jusqu'à être noyés dans le bruit de fond pour les champs inférieurs à 2 gauss (8 kc/s) en raison de l'inadaptation des circuits résonants à cette fréquence. C'est à notre connaissance la plus basse fréquence à laquelle ait été observée la précession forcée des protons par résonance nucléaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude spectrophotométrique de la formation et de l'hydrolyse des bases de Schiff.* Note (*) de M[me] **Odile Bloch-Chaudé**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude de l'évolution, en fonction du temps, du coefficient d'extinction au maximum de la bande d'absorption des bases de Schiff permet de déterminer les coefficients de vitesse des réactions d'hydrolyse et de formation. Je donne les résultats concernant les dérivés de condensation d'aldéhydes aromatiques substitués avec la paratoluidine, à 19,5°, dans une solution tamponnée d'alcool éthylique à 60 % d'eau.

Alors que la plupart des aldéhydes et des amines aromatiques n'absorbent que dans l'ultraviolet, les bases de Schiff résultant de leur condensation ont une absorption beaucoup plus proche du visible. L'étude, en fonction du temps, de la variation du coefficient d'extinction pour une longueur d'onde voisine du maximum de la bande d'absorption la plus proche du visible dans la base de Schiff permet donc de suivre les réactions d'hydrolyse ou de formation. Je me limiterai dans cette Note à l'exposé des principes de l'étude et des résultats de quelques essais concernant les dérivés de condensation d'aldéhydes aromatiques diversement substitués avec la paratoluidine.

(*) Séance du 27 septembre 1954.

Soit la réaction d'hydrolyse des bases de Schiff :



$$BS + H_2O \xrightarrow{k_1} Ald + Am$$

pour laquelle la concentration en eau est suffisamment grande pour pouvoir être considérée comme constante. Si x est, à un instant donné, la fraction molaire de base de Schiff en solution (pour $t = 0$, $x = 1$), on doit avoir :

$$\frac{dx}{dt} = -k_1 x \qquad \text{ou} \qquad \mathrm{Log}\, x = -k_1 t.$$

Si l'on considère maintenant le coefficient d'extinction apparent, ε, à un instant donné, on doit avoir :

$$\varepsilon = \varepsilon_{BS} x + \varepsilon_{Ald}(1 - x) + \varepsilon_{Am}(1 - x)$$

ε_{BS}, ε_{Ald}, ε_{Am} étant, respectivement, les coefficients d'extinction caractéristiques de la base de Schiff, de l'aldéhyde et de l'amine à la longueur d'onde considérée. L'équation cinétique, exprimée en fonction des coefficients d'extinction, est donc :

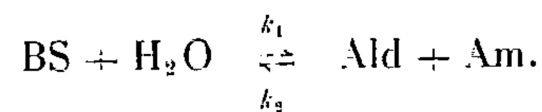
$$\mathrm{Log}(\varepsilon - \varepsilon_{Ald} - \varepsilon_{Am}) = -k_1 t + \mathrm{Log}(\varepsilon_{BS} - \varepsilon_{Ald} - \varepsilon_{Am}).$$

Pratiquement, pour toutes les études effectuées jusqu'à maintenant, ε_{Am} est négligeable devant ε_{BS}, ε_{Ald} est petit devant ε_{BS} mais non négligeable. L'équation cinétique s'écrit donc :

$$\mathrm{Log}(\varepsilon - \varepsilon_{Ald}) = -k_1 t + \mathrm{Log}(\varepsilon_{BS} - \varepsilon_{Ald}).$$

Les études expérimentales ont été effectuées, à $19,5 \pm 0,5°$ C, dans l'alcool éthylique à 60 % d'eau (en volume), additionné d'un tampon afin d'obtenir des valeurs reproductibles pour les coefficients de vitesse. Le tampon choisi a été un tampon de Sörensen constitué de 6 parties de citrate de sodium 0,1 N, pour 4 parties de soude 0,1 N, tampon pour lequel les coefficients de vitesse ont un ordre de grandeur aisément mesurable. Dans ces conditions, j'ai vérifié que l'expression $\log(\varepsilon - \varepsilon_{Ald}) = f(t)$ est bien une droite, et que pour $t \to \infty$, on a $\varepsilon = \varepsilon_{Ald}$.

Ces résultats nous indiquent qu'en milieu fortement aqueux, l'hydrolyse des bases de Schiff étudiées est pratiquement totale. Pour déterminer le coefficient de vitesse de la réaction de formation des bases de Schiff, il est donc nécessaire de modifier les conditions expérimentales. Le plus simple m'a paru d'opérer en présence, soit d'un excès d'amine, soit d'un excès d'aldéhyde. Considérons, par exemple, la réaction d'hydrolyse des bases de Schiff dans le même milieu contenant un excès d'amine. On peut s'attendre à la réaction équilibrée :



$$BS + H_2O \underset{k_2}{\overset{k_1}{\rightleftharpoons}} Ald + Am.$$

Un calcul simple montre que l'équation cinétique, exprimée en coefficients d'extinction, est alors :

$$\mathrm{Log}(\varepsilon - \varepsilon_{eq}) = -(k_1 + k_2[\mathrm{Am}])t + \mathrm{Log}(\varepsilon_{BS} - \varepsilon_{eq}),$$

où ε_{eq} est le coefficient d'extinction apparent à l'équilibre. On admet que la concentration d'amine en excès, [Am], est constante, et l'on néglige, comme précédemment, ε_{Am} (¹), mais non ε_{Ald}, à côté de ε_{BS}. On a d'autre part :

$$\frac{k_1}{k_2[\mathrm{Am}]} = \frac{\varepsilon_{BS} - \varepsilon_{eq}}{\varepsilon_{eq} - \varepsilon_{Ald}}.$$

Les deux relations ci-dessus permettent de calculer chacun des coefficients de vitesse k_1 et k_2[Am]. La concentration en amine (0,01 M, pour des concentrations en base de Schiff de l'ordre de 0,0001 M) a été choisie de telle sorte que l'erreur sur le rapport des coefficients de vitesse soit minimum (ε_{eq} approximativement intermédiaire entre ε_{BS} et ε_{Ald}).

Le tableau indique les résultats obtenus pour divers aldéhydes et montre qu'aux erreurs expérimentales près, il y a concordance entre les valeurs des coefficients k_1 correspondant à l'hydrolyse totale, d'une part, et à la réaction équilibrée, d'autre part.

Base de Schiff : paratoluidine + aldéhyde.	k_1 (hydrolyse).	k_1/k_2[Am] (équilibre).	k_1+k_2[Am] (équilibre).	k_2[Am] (équilibre).	k_1 (équilibre).
benzoïque	0,348	3,06	0,45	0,111	0,339
p-nitrobenzoïque	0,142	0,61	0,387	0,242	0,145
m-nitrobenzoïque	0,133	1,00	0,272	0,136	0,136
o-nitrobenzoïque	0,041	0,53	0,113	0,074	0,039
p-hydroxybenzoïque	0,202	12,0	0,223	0,017	0,206
m-hydroxybenzoïque	0,138	1,00	0,288	0,144	0,144
o-hydroxybenzoïque	0,021	0,28	0,103	0,0805	0,0225
p-méthoxybenzoïque	0,220	8,62	0,244	0,0254	0,219
o-méthoxybenzoïque	0,680	2,2	0,91	0,28	0,63
p-méthylbenzoïque	0,294	4,66	0,345	0,061	0,284

N. B. — Les valeurs des coefficients k ont été calculées en prenant la minute comme unité de temps.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Réactivité d'iode formé par photolyse avec le benzène et ses dérivés.* Note de Mlle **Nina Ivanoff**, présentée par M. Jacques Duclaux.

On sait que les iodures d'alcoyles subissent la photolyse sous l'effet des rayons ultraviolets. L'absorption par ICH_3 des rayons de $\lambda \geqq 2850$ Å donne naissance aux atomes d'iode dans l'état fondamental, celle des rayons de $\lambda \approx 2500$ Å, à ceux dans l'état excité. La longueur de la chaîne de l'iodure n'influence pratiquement pas les spectres d'absorption (¹).

(¹) Les mesures d'absorption sont effectuées par rapport au solvant contenant un même excès d'amine; ε_{Am} caractérise donc uniquement l'absorption de l'amine qui résulte de l'hydrolyse de la base de Schiff.

(¹) D. Porret et C. F. Goodeve, *Proc. Royal Soc.*, A. 165, 1938, p. 31.

En étudiant la photolyse des iodures d'alcoyle en présence des solvants organiques, certains auteurs (2), (3) ont remarqué que ces solvants réagissaient avec les produits de la photolyse.

Nous nous proposons d'étudier dans ce travail, la réactivité des atomes d'iode formés par photolyse, avec le benzène et ses dérivés et sans nous préoccuper pour l'instant de l'état énergétique des réactifs mis en jeu. La probabilité de formation des composés d'addition stables d'iode et de benzène étant faible, nous nous limiterons à l'étude des réactions de substitution du type : benzène + iode $\rightarrow$ iodobenzène.

Étant donné la rapidité de la réaction $I + I \rightarrow I_2$ comparativement à celle de $C_6H_6 + I \rightarrow C_6H_5I$, quel qu'en soit le mécanisme, cette dernière réaction n'est possible que si la concentration des atomes d'iode formés est très faible par rapport à celle du benzène. Pour pouvoir analyser les dérivés iodés qui ne peuvent donc se former qu'à l'état de traces, nous avons utilisé comme source des atomes d'iode l'iodure de propyle marqué (^{128}I, 8 jours). Le rayonnement provenait d'une lampe à vapeur de Hg sans aucun dispositif optique filtrant, les mélanges réactionnels étant ainsi exposés aux rayons du spectre total du mercure. Les mélanges irradiés étaient des solutions de concentration sensiblement égale à 2.10^{-4} mol/l d'iodure de propyle marqué, dans le benzène et ses dérivés (seuls ou dissous dans CCl_4). Toutes ces expériences étaient faites dans des récipients en quartz et sous atmosphère de N_2. La technique de séparation et d'analyse des composés obtenus était analogue à celle que nous avons employée dans un travail précédent (4) avec quelques modifications exigées par la nature du problème.

Nous avons étudié les trois systèmes suivants : (1) iodure de propyle-benzène; (2) iodure de propyle-benzène-benzoate d'éthyle; (3) iodure de propyle-benzène-anisol. Nous avons pu constater (par la méthode des entraîneurs) outre la formation d'iode minéral, celle des dérivés iodés suivants : dans (1) la formation d'iodobenzène; dans (2) d'iodobenzène et d'iodobenzoate d'éthyle et dans (3) d'iodobenzène et d'iodoanisol.

Dans le système (1) nous avons déterminé les proportions relatives de l'iodobenzène et de l'iode minéral formés. Nous avons trouvé que ces proportions variaient avec l'intensité de la source de rayons ultraviolets. Conformément à ce que l'on pouvait prévoir, la quantité d'iodobenzène formée augmente par rapport à celle d'iode minéral quand la vitesse de la photolyse diminue. Dans les conditions de travail adoptées ce rapport est : iodobenzène/iode $= 0,2$ (durée de l'exposition 20 h, rendement de la photolyse : $\sim$ 50 %).

(2) W. H. HAMILL et R. H. SCHULLER, *J. Am. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 3466.

(3) E. L. COCHRAN, W. H. HAMILL et R. R. WILLIAMS, *J. Am. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 2145.

(4) N. IVANOFF et G. GAVORET, *J. Chim. Phys.*, 1953, p. 524.

Dans les systèmes (2) et (3) nous avons déterminé les rapports des vitesses de formation : d'iodobenzène et d'iodobenzoate d'éthyle d'une part et d'iodobenzène et d'iodoanisol d'autre part. Nous avons étudié plus particulièrement le système iodure de propyle-benzène-benzoate d'étbyle. Dans ce cas, la photolyse était effectuée sur une série de solutions de n—C_3H_8I à 2.10^{-4} mol/L en présence de mélanges de benzène et de benzoate d'éthyle de concentrations molaires différentes et bien déterminées, additionnées de CCl_4 (60 % en vol.). Nous avons obtenu les résultats suivants : les vitesses relatives de substitution sont dans le rapport : $K_{C_6H_5CO_2Et}/K_{C_6H_6} = 7$. Ce rapport serait indépendant des concentrations molaires mises en jeu du benzène et du benzoate d'éthyle ainsi que de la vitesse de la photolyse. Nous ne pouvons donner ici qu'une valeur qualitative des vitesses relatives de substitution du benzène et de l'anisol : $K_{C_6H_5OCH_3}/K_{C_6H_6} > 10$.

Bien qu'en règle générale la vitesse de substitution radicalaire des dérivés du benzène soit plus grande que celle du benzène lui-même, il se peut que dans nos expériences les différences soient accentuées par l'excitation des molécules réagissantes sous l'action du rayonnement ultraviolet.

ELECTROCHIMIE. — *Nouvelles preuves expérimentales de la pulvérivation cathodique des sels fondus.* Note de M. **Pierre Barret**, présentée par M. Eugène Darmois.

Les oscillogrammes d'intensité en fonction du temps dans une étincelle de courant continu, entretenue entre un conducteur métallique et la surface d'un conducteur électrolytique fondu ou dissous, permettent de déceler avec une grande sensibilité la pulvérisation cathodique du conducteur électrolytique et d'établir le mécanisme du phénomène.

Dans une publication précédente, nous avons signalé [1] que la pulvérisation cathodique d'un électrolyte fondu n'apparaît qu'à partir d'un certain seuil d'intensité voisin de 20 mA; nous avions distingué deux régimes I et II de la décharge de part et d'autre de ce seuil et indiqué qu'au voisinage du seuil, le régime était instable. C'est ce que traduisent les oscillogrammes (1), (2) et (3) obtenus à l'aide d'un oscillographe, soit en amplifiant la tension alternative aux bornes d'une résistance sans self de 30 Ω mise en série avec l'éclateur, soit en appliquant directement aux déflectrices verticales la tension aux bornes d'une résistance de 1 000 Ω. Sur les oscillogrammes, en abscisses, 1/100e de seconde est représenté par 25 mm; en ordonnées, 4 mA sont représentés par 1 mm.

1° $AgNO_3$ fondu à 220°C. Écartement des électrodes : 4 mm; tension d'amorçage : 8 000 V.

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1125.

a I = 10 mA; on enregistre la courbe 1 qui correspond au régime d'étincelle I sans pulvérisation apparente.

Le trait du spot est bien régulier, on observe seulement un léger « bruit de fond ». La déformation de la courbe est due à la composante résiduelle alternative du courant redressé.

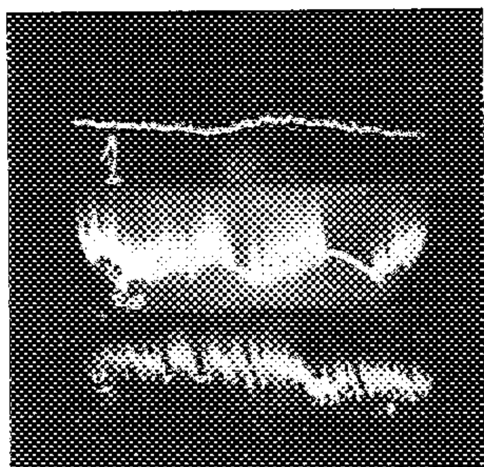


Fig. 1, 2 et 3.

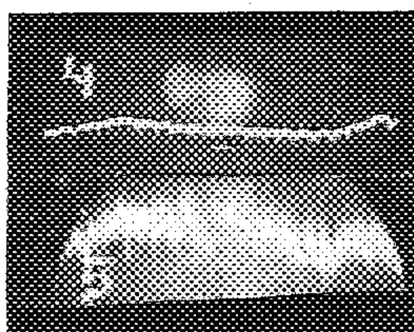


Fig. 4 et 5.

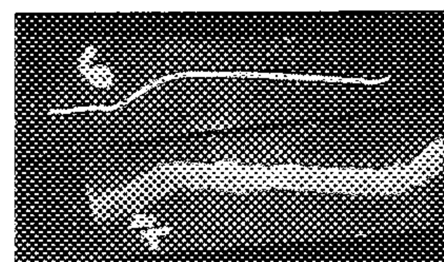


Fig. 6 et 7.

b. I = 18 mA; au voisinage de ce seuil, le régime est instable entre I et II avec intermittence des deux régimes, ce qui s'observe parfaitement sur la courbe 2. En effet, et c'est là le fait important, la pulvérisation provoque des fluctuations d'intensité de grande fréquence représentées par les pointes serrées de l'oscillogramme qui correspondent au régime II; les parties de la courbe dépourvues de pointes correspondent au régime I.



Fig. 8.

c. I = 30 mA. Le régime II est complètement installé; la pulvérisation cathodique du sel fondu se traduit comme précédemment par de rapides et continuelles fluctuations d'intensité.

2° KCl en solution aqueuse 1/M à 20° C (courbe 5). On constate l'analogie avec la courbe 3 relative à $AgNO_3$ fondu. L'intensité était I = 30 mA. On constate également que lorsque la solution est faiblement ionisée (CH_3CO_2H, N/100) et que la pulvérisation est pratiquement inexistante, les pointes disparaissent (courbe 4), et il reste seulement un léger « bruit de fond » comme sur la courbe 1.

3° En inversant les pôles afin que l'électrolyte devienne le pôle positif de l'étincelle et alors qu'on n'observe, ni en milieu dissous concentré ni en milieu fondu, aucune pulvérisation, les courbes d'intensité se caractérisent par l'absence totale de pointes et même du léger « bruit de fond » que l'on observe sur les courbes 1 et 4.

Toutefois, nous devons signaler que certaines causes étrangères au phénomène étudié peuvent provoquer une modulation du spot, d'ailleurs fort curieuse, comme celle que présente la courbe 7. Cette modulation de haute fréquence et d'amplitude de 8 à 10 mA est causée par une trace de lanoline apportée sur la surface de la solution. Nous avons pu l'analyser avec un balayage de 500 000 HZ mais non la photographier, car sa fréquence n'est pas assez stable. Elle se présente comme une courbe approximativement sinusoïdale dont la fréquence est de l'ordre du mégacycle.

Nous rapporterons enfin une expérience qui donne une démonstration qualitative, mais spectaculaire, de ce qu'est la pulvérisation cathodique, à la pression atmosphérique, de $AgNO_3$ fondu, par une étincelle de 30 mA : en une demi-heure, une pièce de plus de 150 m^3 est remplie d'une façon assez homogène d'un brouillard de particules microscopiques du sel qui se déposent sur toute la surface de la pièce durant les heures qui suivent l'expérience.

On obtient ainsi ce saisissant effet de pochoir de la figure 8 par dépôt et noircissement à la lumière des particules de $AgNO_3$ sur une feuille de papier couverte de quelques débris de végétaux et placée à 3,50 m du four.

Une électrode ayant servi antérieurement avait aussi été posée sur la feuille. Le bulbe qu'on distingue à sa pointe est formé d'un dépôt de $AgNO_3$ pulvérisé.

Conclusions. — De ces expériences il résulte :

1° Que la pulvérisation des électrolytes fondus et celle des électrolytes dissous se traduisent de la même façon sur les oscillogrammes d'intensité. On peut donc admettre qu'il s'agit d'un seul et même phénomène obéissant à un processus commun à tous les milieux où le transport des charges se fait par des ions électrolytiques.

2° A la lumière d'expériences semblables à celles rapportées ici, il apparaît que le mécanisme du phénomène est le suivant :

Lorsque la concentration des ions est suffisante, au contact de l'étincelle, la surface liquide explose et les particules balayent les charges d'espace positives en provoquant une interruption partielle (et parfois totale si le phénomène est

assez intense) du courant pendant un temps extrêmement bref inférieur à la microseconde. Le canal de la décharge n'est pas supprimé et le courant se rétablit avec une pointe d'intensité très aiguë dont la crête atteint 80 mA alors que l'intensité moyenne est de 30 mA, par suite des surtensions prenant naissance dans le circuit. Chaque pointe correspond ainsi à un éclatement de la surface. Les particules ne sont donc pas émises d'une façon continue mais par paquets qui hachent le courant.

ÉLECTROCHIMIE. — *Préparation électrolytique et constantes cristallographiques de quelques composés oxygénés à base de bore, vanadium ou titane.* Note de MM. **Pierre Blum** et **Henri Bozon**, transmise par M. Jean-Lucien Andrieux.

J.-L. Andrieux et G. Weiss ont antérieurement préparé par électrolyse ignée, un boroferrite ferreux $B_2O_3.Fe_2O_3.4FeO$ [1]. Plus récemment, cette méthode a permis à l'un de nous d'obtenir divers composés définis oxygénés à base d'oxyde de vanadium, V_2O_3 [2], [3].

De même, nous avons dans le présent travail, appliqué la même méthode à la synthèse de divers composés analogues formés d'anhydride borique et d'oxyde de vanadium ou de titane. Nous avons, pour cela, utilisé des bains de borates alcalins contenant en dissolution V_2O_5 ou TiO_2, d'une part, et un oxyde d'un métal de transition d'autre part. Le tableau I résume les conditions opératoires.

Tableau I.

Composition moléculaire du bain.	Tension (V).	Intensité (A).	Température (°C).	Durée (h).	Anode.	Cathode.	Produit obtenu.
$2B_2O_3.Na_2O + NaF + \frac{1}{18}V_2O_5 + \frac{1}{13}Fe_2O_3$	1,3	15	900	2	Creuset fer	Tige fer Ø 16 mm	$B_2O_3.V_2O_3.4FeO$
$2B_2O_3Na_2O + \frac{1}{2}NaF + \frac{1}{14}V_2O_5 + \frac{1}{2}CoO$	3,3	18	900	2	Creuset carbone	Tige carbone Ø 16 mm	$B_2O_3.V_2O_3.4CoO$
$2B_2O_3Na_2O + 1,5NaF + \frac{1}{6}V_2O_5.Na_2O + 2,5MgO$ ...	3,3	8	900	1	Creuset carbone	Tige carbone Ø 16 mm	$B_2O_3.V_2O_3.2MgO$
$2B_2O_3.Na_2O + \frac{1}{2}LiF + \frac{1}{2,5}TiO_2 + 1,5MgO$	3	8	850	1,30	Creuset carbone	Tige carbone Ø 16 mm	$B_2O_3.Ti_2O_3.2MgO$

(1) J.-L. Andrieux et G. Weiss, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 615.
(2) J.-L. Andrieux et H. Bozon, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 565.
(3) J.-L. Andrieux et H. Bozon, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 953.

Dans chaque cas, après reprise des bains par l'acide chlorhydrique, nous avons isolé des composés bien cristallisés. Leurs analyses chimiques ont permis de conclure aux formules représentées dans la dernière colonne du tableau I.

Ces composés possèdent en général, vis-à-vis des réactifs chimiques, les propriétés des oxydes de base V_2O_3 ou Ti_2O_3.

Un examen cristallographique par la méthode du cristal tournant avec la radiation $\lambda K\alpha$ du cobalt a mis effectivement en évidence l'isomorphisme de ces nouveaux composés avec ceux correspondants à base de Fe_2O_3 découverts et étudiés par divers auteurs ([4]), ([5]), ([6]), ([7]), ([8]).

Le tableau II résume les propriétés de ces produits.

TABLEAU II.

Composé.	Aspect physique.	Groupe d'espace.	Paramètres (Å).	V (Å³).	d théorique.
$B_2O_3.V_2O_3.4FeO$	Cristaux en aiguille	D_{2h}^9-Pbam	$a=9,405$; $b=12,364$; $c=3,074$	357,5	4,68
$B_2O_3.V_2O_3.4CoO$	Cristaux en aiguille	D_{2h}^9-Pbam	$a=9,357$; $b=12,316$; $c=3,056$	352,2	4,86
$B_2O_3.V_2O_3.2MgO$	Plaquettes allongées	D_{2h}^{16}-Pnam	$a=9,242$; $b=3,981$; $c=3,121$	270,0	3,66
$B_2O_3.Ti_2O_3.2MgO$	Plaquettes allongées	D_{2h}^{16}-Pnam	$a=9,237$; $b=9,395$; $c=3,121$	270,0	3,59

D'autres essais, effectués en vue de préparer un composé analogue à base de Ti_2O_3 et d'oxyde de fer ont conduit seulement à l'obtention de pseudobrookite $TiO_2.Fe_2O_3$, bien cristallisée.

CHIMIE THÉORIQUE. — *L'influence de la correction des intégrales monocentriques sur les caractéristiques d'un butadiène calculé par la méthode du champ moléculaire self-consistent.* Note de Mmes **Alberte Pullman** et **Hélène Berthod**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'introduction de l'interaction des configurations complète sur les résultats d'un calcul du *s-trans*-butadiène par la méthode du champ moléculaire self-

([4]) F. Bertaut, L. Bochirol et P. Blum, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 764.
([5]) F. Bertaut, *Acta Cryst.*, 3, 1950, p. 473.
([6]) R. Chevallier, S. Mathieu et S. Girard, *Bull. Soc. Chim. France*, 5-6, 1948, p. 611.
([7]) P. Groth, *Chemische Kristallographie*, Leipzig, Engelmann (1906-1919).
([8]) Y. Takeuchi, Watanabe, Takeo et T. Ito, *Acta Cryst.*, 3, 1950, p. 98.

consistent a montré ([1]), ([2]) la validité des résultats relatifs aux caractéristiques *structurales* de l'état fondamental et l'impossibilité d'obtenir, dans ces conditions, de bonnes valeurs des transitions spectroscopiques. Cependant, plusieurs auteurs ayant montré ([3]), ([4]) que les mauvais résultats spectroscopiques obtenus par toutes les méthodes du type combinaison linéaire d'orbitales atomiques provenaient en grande partie de la surestimation des intégrales monocentriques, il nous a paru intéressant d'étudier quel serait l'effet d'une correction de ces intégrales sur nos résultats précités relatifs au butadiène.

Nous avons pris comme point de départ les configurations et la matrice d'interaction correspondante construites ([2]) sur les orbitales self-consistentes de R. G. Parr et R. S. Mulliken ([5]). C'est sur cette matrice qu'a été appliquée la correction nécessaire calculée par la méthode dite « des atomes dans les molécules » ([3]). Aucùn élément empirique autre que la valeur des intégrales monocentriques n'a été utilisé et nous n'avons pas introduit d'hypothèse supplémentaire (du type recouvrement nul).

Les principaux résultats obtenus sont les suivants :

a. La correction abaisse notablement les énergies des différents états. Elle abaisse en particulier l'état fondamental de 5,6 eV.

b. Elle ramène les transitions spectroscopiques $N \rightarrow V_1$ et $N \rightarrow V_2$ ainsi que la séparation singulet-triplet du premier état excité (S, T) à des valeurs satisfaisantes. Ces valeurs (sans interactions de configurations) sont données dans le tableau I.

TABLEAU I.

Valeurs (eV).	$N \rightarrow V_1$.	$N \rightarrow V_2$.	S, T.
Avant correction	8,1	10,1	5,1
Après correction	5,7	8,4	1,7
Expérimentales	6	7,2	–

c. Elle a pour effet de diminuer l'interaction des configurations pour les états ${}^1A_g$ et ${}^3B_u$ et de l'augmenter pour les états ${}^1B_u$: le tableau II indique, pour l'état le plus bas de chaque catégorie, les poids en pour cent des différentes configurations classées par énergies croissantes (calculés par la formule approchée de Brillouin). ΔE est la valeur approchée de l'abaissement énergétique correspondant (en eV).

([1]) A. PULLMAN et J. BAUDET, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 241.

([2]) A. PULLMAN, *J. Chim. Phys.*, 51, 1954, p. 188.

([3]) W. MOFFITT, *Proc. Roy. Soc. A*, 210, 1951, p. 224, 245; 218, 1953, p. 486; W. MOFFITT et J. SCANLAN, *ibid.*, 218, 1953, p. 464; 220, 1953, p. 530.

([4]) R. PARISER, *J. Chem. Phys.*, 21, 1953, p. 568; R. PARISER et R. G. PARR, *ibid.*, 21, 1953, p. 466, 767.

([5]) *J. Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 1938.

TABLEAU II.

Poids dans N.		Poids dans $^1V_1$.		Poids dans $^3V_1$.	
avant correction.	après correction.	avant correction.	après correction.	avant correction.	après correction.
90	92,7	93,5	86	71	84,5
0	0,2	0	11,5	24,2	8,7
0	0,2	2,1	1,1	0,7	5,4
4,4	1,5	2,7	1,2	2,2	1,2
1,3	0,1	0,7	0,1	0	0
0,2	4,3	0,1	0	0	0
1,2	0,4	0,1	0	1,3	0
0,6	0	0,8	0,1	0,6	0
2,3	0,3				
0	0,2				
0	0				
0	0,1				
ΔE : 1	1,9	0,8	0,9	1	2,8

Un calcul complet de l'interaction des configurations pour les ^1A_g est nécessaire pour décider de la grandeur de la transition $N \rightarrow V_2$, mais en ce qui concerne $N \rightarrow V_1$, on peut augurer des valeurs approchées de ΔE que la transition sera peu modifiée par l'interaction des configurations et restera ainsi en excellent accord avec sa valeur expérimentale.

D'autre part, une conclusion importante de ce calcul est que si l'énergie nécessite une forte correction, la fonction d'onde self-consistente calculée sans correction reste cependant une représentation convenable de l'état fondamental de la molécule, ce qui est rassurant quant à la validité des résultats relatifs aux moments dipolaires (6), (7).

Une discussion détaillée sera donnée au *Journal de Chimie Physique*.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la vitesse de cristallisation*. Note de MM. **André Chrétien, Joseph Heubel** et **Pierre Trimolé**, présentée par M. Louis Hackspill.

Réalisation et mise à l'épreuve d'une technique permettant de déterminer sans perturbation ni hypothèse gratuite ou restrictive les variations de vitesse de cristallisation pour dégager les lois du phénomène. Premiers résultats. Mesure à l'origine même de la cristallisation par enregistrement photographique de la variation thermique.

Depuis Gernez et surtout Tammann, qui ont étudié des corps fondus, la cristallisation rassemble de multiples recherches, différentes dans leur objet.

(6) G. Berthier, *J. Chim. Phys.*, 50, 1953, p. 344.
(7) A. Julg, *J. Chim. Phys.*, 50, 1953, p. 652.

Les auteurs ne s occupent en général que du mécanisme de croissance des cristaux, des causes provoquant la formation ou la propagation des germes. La vitesse de la cristallisation n'a guère été étudiée, contrairement à la vitesse de dissolution qui rassemble de grands noms comme Noyes, Nernst, G. Friedel, Berthoud. On rapproche ces deux notions, et les acquisitions sur la seconde sont transposées à la première. Un travail récent de l'un de nous avec Davion [1] a bien mis en évidence le rôle prépondérant de la diffusion dans la dissolution, mais il a rectifié notablement la loi, jusqu'alors admise, sur l'influence de la surface du cristal.

Les études faites jusqu'alors sur la vitesse de cristallisation sont marquées par trois défauts qui diminuent beaucoup leur portée; trop limitatives par leur technique, elles restreignent le jeu des facteurs agissants par des hypothèses gratuites et comportent des approximations inadmissibles. C'est le cas aussi bien pour l'important travail expérimental de J. Jenskins [2] que pour les études plus théoriques de C. Bunn [3] et S. Amelinkx [4]. De plus, la grandeur mesurée est mal définie, et avec perturbations; de là, certains résultats curieux, comme cette loi du maximum de vitesse mise en cause par Leenhardt.

Le choix de la propriété mesurée est déterminant ainsi que son mode de mesure. L'effet thermique dû à la cristallisation est particulièrement favorable; il varie, en effet, proportionnellement à la masse des cristaux formés, si le système garde une capacité calorifique fixe et si la solution ne se modifie pas. Cela implique une mesure instantanée, qui sera d'autant plus correcte que le système aura moins évolué. Il est donc nécessaire de faire la mesure aussi près que possible du début de la cristallisation. Nous réalisons ces conditions par un enregistrement photographique de la courbe température-temps. On part d'une solution sursaturée; par amorçage, la cristallisation produit une brusque variation de la température. Il suffit de tracer la tangente à l'origine (*fig.* 1). La variation de température causée par la cristallisation provoquée est proportionnelle à $\mathrm{tg}\,\theta + \mathrm{tg}\,\varphi$; il en est de même de la vitesse de cristallisation.

Le montage que nous avons réalisé comporte une thermistance de 1 200 ω à 25°, à coefficient de température élevé (— 3,6 % par degré), immergée dans la solution étudiée à température fixée (25° généralement) que contient un vase d'Arsonval à isolement limité. La thermistance fait partie d'un pont de Wheatstone équilibré. Le galvanomètre de ce pont, au voisinage de son amortissement critique, réagit par transmission lumineuse focalisée sur un papier sensible d'un tambour enregistreur. La sensibilité, variable à volonté, correspond au moins à une variation de 0°01 pour 2 mm de l'échelle. Il est commode

(1) A. Chrétien et M. Davion, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2445.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 47, 1925, p. 903.

(3) *Disc. of the Far. Soc.*, 5, 1949, p. 119.

(4) *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 112.

d'exprimer la vitesse de cristallisation v en millimètres de déplacement du spot par minute. Le temps est inscrit sur la courbe.

Toutes précautions sont prises pour éviter la cristallisation spontanée. Le montage comporte deux thermostats.

La méthode nous a déjà fourni toute une série d'observations reproductibles sur divers sels en solution aqueuse, ClK et ClNa notamment.

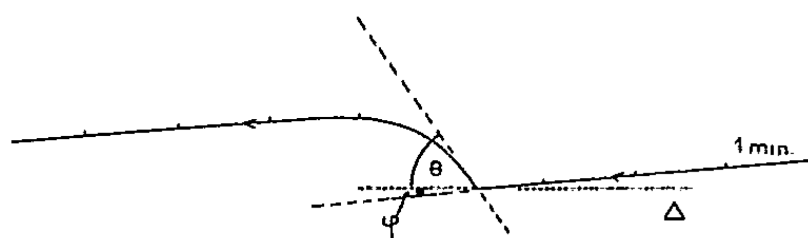


Fig. 1

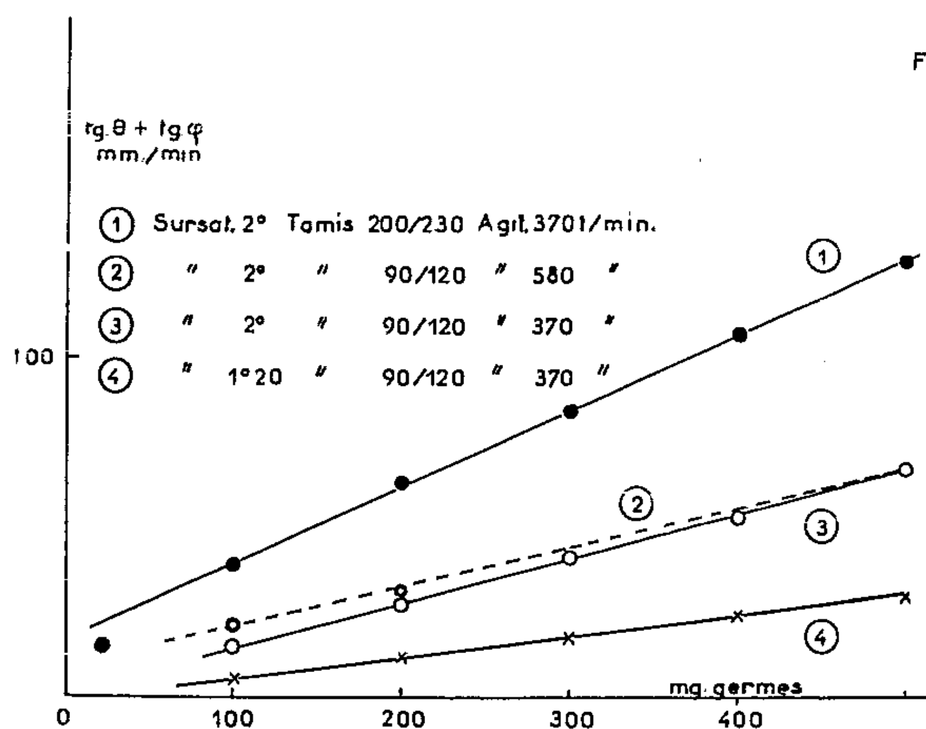


Fig. 2

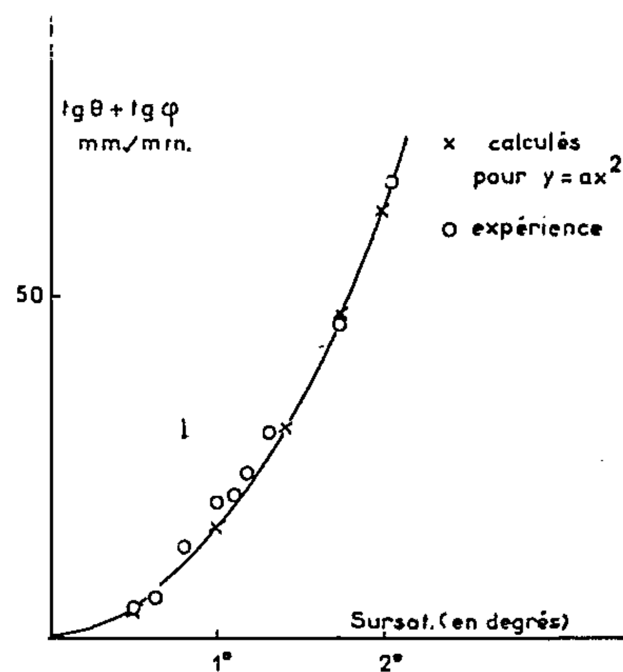


Fig. 3

En particulier, les facteurs qui influent sur la vitesse de cristallisation ont été repérés. Il est établi que la diffusion a un rôle prépondérant ; on n'observe aucune variation de v au delà d'une vitesse de 370 t/mn avec l'agitation utilisée, et un nombre de germes suffisants. La forme de l'agitateur a été choisie de manière à assurer une diffusion parfaite.

Par ailleurs, la vitesse de cristallisation est proportionnelle à la surface totale des germes, fonction du nombre des germes et de leur granulation (*fig.* 2).

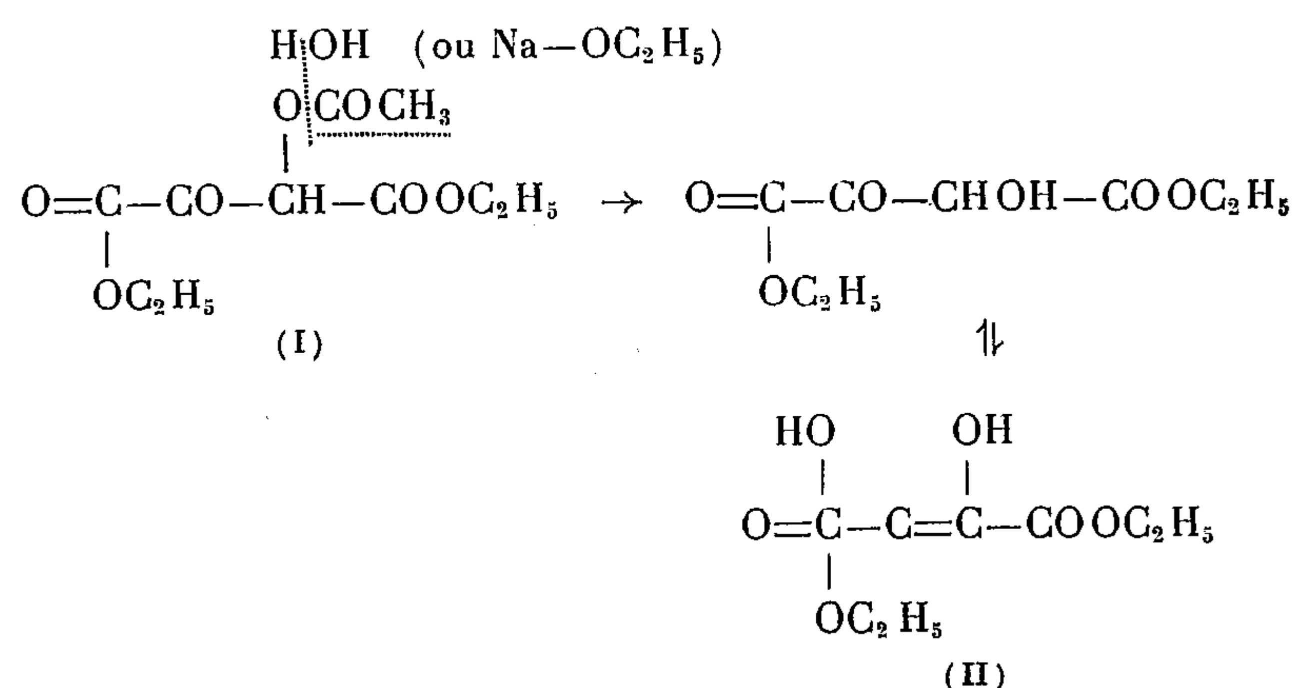
Enfin, la vitesse de cristallisation est proportionnelle au carré de la sursaturation, qui est exprimée en degrés (*fig.* 3).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une synthèse de l'ester butènediol-2.3 dioïque.* Note de MM. **Henry Gault** et **Élias Elkik**, transmise par M. Marcel Delépine.

L'objet de cette Note est d'exposer les premiers résultats de nos recherches sur la préparation et le comportement chimique de l'ester butènediol-2.3 dioïque dont le seul mode d'obtention décrit jusqu'à présent consiste à esté-

rifier l'acide correspondant obtenu lui-même, avec de faibles rendements, par déshydrogénation de l'acide tartrique ([1]).

La méthode à laquelle nous nous sommes arrêtés repose, dans sa première phase, sur la condensation de l'ester oxalique avec l'ester acétylglycolique en présence d'éthylate de sodium sec, en suspension dans l'éther. Le produit principal de cette condensation est, non pas l'ester oxalacétylglycolique (I) attendu, mais l'ester butènediol-2.3 dioïque (II), ce qui implique une désacétylation au cours même de la réaction, ou bien du traitement qui l'a suivie : réaction de scission dont nous nous réservons de préciser le mécanisme dans une communication prochaine :



Voici le mode opératoire que nous avons suivi : on prépare de l'éthylate de sodium sec (1 mol), qu'on met en suspension dans 1 l d'éther absolu. On y ajoute l'éther oxalique (146 g) par petites fractions. Après dissolution de l'éthylate, on introduit l'ester acétylglycolique (146 g) goutte à goutte et laisse reposer 24 h. On traite ensuite le mélange obtenu par l'acide chlorhydrique à 50 %. La couche éthérée est lavée à l'eau froide, séchée et l'éther évaporé. Le résidu de l'évaporation est distillé sous vide de 1 mm/Mg au bain-marie, pour éliminer les esters qui n'ont pas réagi et les produits secondaires de la réaction.

Il reste dans le ballon un liquide sirupeux, jaune, qui se prend en masse cristalline par refroidissement (poids : 85 g).

Le produit cristallisé, blanc, séché sur plaque poreuse, fond à 93-95°.

La solution alcoolique alcalinisée donne avec le chlorure ferrique une coloration bleu-vert fugace et virant à l'orangé après quelques instants.

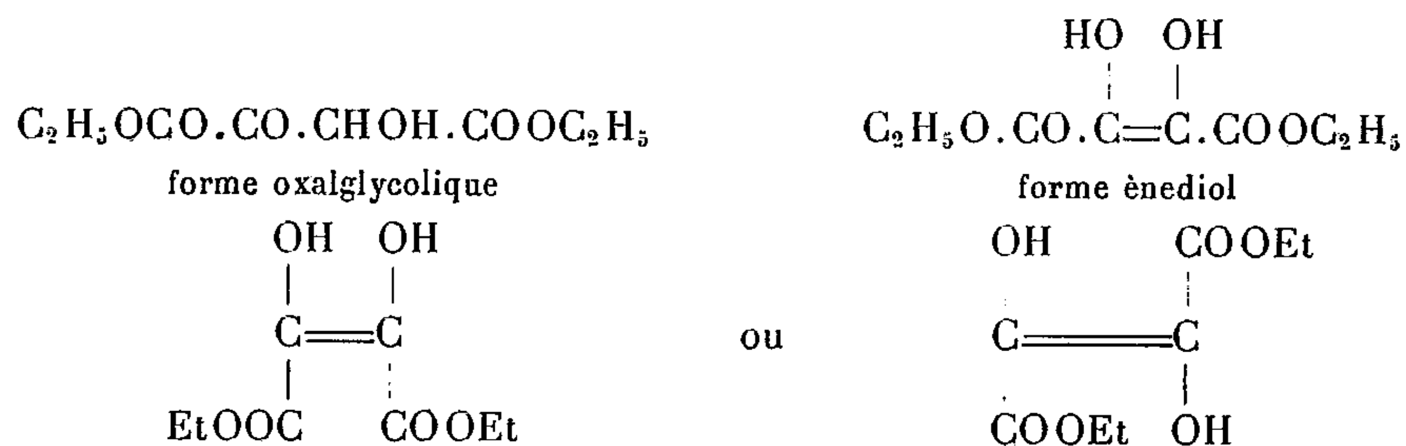
En milieu acide, la coloration rouge obtenue est rouge-violet. Un cristal, ou quelques gouttes d'une solution aqueuse diluée, du produit réduisent, à froid, le nitrate d'argent ammoniacal.

Ces constatations et les résultats de l'analyse (dosage C, H et P.M.) per-

([1]) FENTON, *J. Chem. Soc. London*, 65, p. 901 et 87, p. 811.

mettent de lui attribuer la formule $C_8H_{12}O_6$ et la constitution d'un ester butène-diol dioïque.

En fait, il s'agit d'un mélange, analogue à celui signalé par Fenton, des deux isomères stéréochimiques de l'ester butène-diol dioïque (forme maléique et fumarique) et de la forme céto-alcool :



Nous poursuivons nos recherches en vue de séparer à l'état pur les constituants du mélange et d'en étudier le comportement chimique, entre autres les réactions d'hydrolyse et de condensation.

GÉOLOGIE. — *Aquitanien et Burdigalien*. Note de MM. **Michel Vigneaux**, **André Magne**, Mlle **Mauricette Veillon** et M. **Jean Moyes**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La création des étages Aquitanien et Burdigalien remonte respectivement à 1858 (Mayer) et 1892 (Depéret) et leurs auteurs prirent pour les représenter des gisements situés dans les environs de Bordeaux. Depuis ces dates, au fur et à mesure de l'avancement des recherches géologiques en Aquitaine, de nombreux affleurements ont été décrits se révélant pour la plupart d'une extrême richesse en fossiles. Cependant, malgré la grande variété des faunes rencontrées, il apparaissait rapidement que les deux étages, tels qu'ils étaient définis, étaient stratigraphiquement très voisins et certains niveaux où la différenciation des faunes s'avérait impossible étaient alors dénommés « faluns mixtes ». Aujourd'hui, l'étude approfondie des terrains miocènes traversés lors du fonçage de puits profonds en divers points des Landes de Gascogne, nous amène à reconsidérer les caractères propres de chacune de ces deux coupures, afin d'en mieux préciser la valeur et les limites.

Les faluns qui ont servi de type à l'Aquitanien et au Burdigalien, comme tous les affleurements observés par la suite, sont représentés par des sédiments détritiques, témoins d'un dépôt au voisinage plus ou moins immédiat de la limite d'extension des eaux marines, avec par endroits un caractère récifal bien marqué (Saucats). De petites variations s'inscrivent seulement dans la faune quand, par exemple pour l'Aquitanien, on compare les gisements côtiers

de Villandraut à ceux quelque peu plus profonds de La Brède, ou, pour le Burdigalien, les couches littorales de Cestas à celles nettement moins côtières de Léognan. D'une manière générale l'Aquitanien garde un caractère laguno-saumâtre avec sédiments souvent hétérogènes. Le Burdigalien, plus homogène, présente un type marin plus accusé (il n'y a plus d'intercalations lagunaires).

Dès qu'on s'éloigne de la limite supposée de la transgression du début du Miocène, en direction de l'Ouest, la sédimentation change et tend à l'uniformité. Au dessus des couches marines oligocènes (Stampien) se situe une masse assez puissante de sables fossilifères à grain moyen, légèrement argileux, de couleur gris-verdâtre (grande richesse en glauconie). Cette formation renferme quelques épisodes plus argileux, d'épaisseur variable et se poursuit jusqu'aux couches de l'Helvétien, dont elle se différencie facilement (couches grésocalcaires). La faune de cet ensemble compris entre le Stampien et l'Helvétien est riche en Bryozoaires, Foraminifères et Ostracodes et renferme encore quelques petits Mollusques. La séparation en Aquitanien et Burdigalien y est impossible, l'ensemble de la faune ne présentant pas de modifications notables de bas en haut de cette masse sédimentaire, à laquelle nous donnons le nom de « couches vertes du Miocène ». Nous avons pu l'observer toujours avec le même faciès dans de nombreux forages : Lacanau, Le Porge, Arès, Biganos, Arcachon-Abatilles, Le Barp, Labouheyre, Morcenx, etc. La faune, grâce aux nombreuses corrélations effectuées entre coupes profondes, permet de rattacher ces « couches vertes » au Burdigalien. En effet certains forages (Salles-Lavignolle, Saint-Magne) situés dans des zones, en quelque sorte intermédiaires, ont traversé des terrains à faune particulière, renfermant à la fois des espèces connues dans les gisements littoraux classiques et des formes plus spécialement développées dans les dépôts résultant d'une sédimentation au large des côtes.

Il ressort de ces observations que, si la séparation en Aquitanien et Burdigalien est possible à la limite de l'extension marine miocène, en particulier dans la zône où furent pris, à l'époque, les types des deux étages, elle ne peut être envisagée dès que l'on s'éloigne de l'ancien rivage. Nous en arrivons ainsi à considérer l'Aquitanien et le Burdigalien tels qu'ils ont été définis, non comme deux étages distincts, mais comme deux stades particuliers de type littoral d'un même étage.

La paléogéographie du début du Miocène peut se résumer ainsi :

a. Une première transgression dépose à la limite de son extension, des grès calcaires (grès de Bazas) et des sables coquilliers (falun de Noaillan-La Saubotte). Cette transgression est « hésitante »; la ligne de rivage est essentiellement instable et les couches marines franches sont peu puissantes; leur développement est constamment contrarié par des intercalations laguno-lacustres (couches de Villandraut-Gamachot). L'ensemble de ces dépôts constitue l'Aquitanien. Pendant la formation de ces niveaux, la zone néritique

profonde est le siège d'une sédimentation argilo-sableuse de faciès différent, sans aucune intercalation lagunaire ou lacustre (couches vertes).

b. Ce dernier type de dépôt se poursuit pendant la seconde phase et tend à se généraliser. Le fond du bassin d'Aquitaine subit un relèvement vers l'Est et de nombreux retraits de la mer peuvent s'observer par rapport à la transgression primitive. En bordure se constituent les formations sablo-calcaires ou sablo-argileuses (faluns de Saucats, Cestas, Léognan) du Burdigalien.

En résumé, le début du Miocène est marqué par une sédimentation présentant deux faciès différents dans la zone côtière et un uniforme dans la zone profonde. Nous somme donc en présence d'un seul étage, pour lequel nous proposons le terme *Girondien* (de Gironde, département où se rencontre le plus grand nombre de gisements de cette formation). Cet étage se subdivisant en deux sous-étages : l'Aquitanien et le Burdigalien, définis par deux ensembles de type littoral et qui correspondent, le premier à la phase transgressive initiale maximum, avec ligne de rivage oscillante; la seconde à l'établissement d'un régime marin plus stable, mais dans une aire plus restreinte.

HYDROGRAPHIE FLUVIALE. — *Sur les déplacements transversaux des eaux très turbides dans l'estuaire de la Loire en période d'étiage.* Note (*) de M. **Léopold Berthois**, présentée par M. Donatien Cot.

Le déplacement alternatif du bouchon vaseux dans le sens aval-amont est accompagné d'une pulsation transversale des eaux turbides à laquelle il faut attribuer le rôle le plus important dans l'envasement des rives du fleuve.

Des observations ont été faites en juin 1953 pour contrôler et compléter celles de juillet-août 1952 (1953). Les conditions océaniques et fluviales étaient les suivantes :

Coefficients de marée : 73-82. Débit fluvial : 240-250 m³/sec.

La sédimentation a été étudiée suivant des coupes transversales au fleuve situées aux points suivants :

Date.	Lieu.	Distance (km) à Saint Nazaire aval.	Distance (km) à Saint Nazaire amont.	Longueur de la transversale (Km).	Salinité dans le chenal en g/1000cm³ maximum.	Salinité dans le chenal en g/1000cm³ minimum.
9 juin	Bonne Anse	6,500	–	3,150	31,65	22,95
10 »	St Nazaire	–	–	1,400	28,15	10,05
11 »	Arceau	–	7,600	2,100	19,35	0,82
12 »	Grand Carnet	–	18,200	0,700	5,40	0,06
13 –	Cordemais	–	32,600	0,400	0,75	0,06

(*) Séance du 27 septembre 1954.

Chaque transversale comprenait trois à cinq postes d'observation suivant sa longueur. L'un des postes était toujours placé dans le chenal navigable du fleuve.

770 mesures de turbidité des eaux ont été faites, de mètre en mètre, de la surface au fond, à l'aide d'un néphélomètre.

Les vitesses de courant ont été mesurées aux mêmes points à l'aide de moulinets Woltman.

Enfin, 162 prélèvements d'eau ont été faits pour la détermination de la salinité et le contrôle du néphélomètre.

Ces diverses mesures, faites à chaque poste, ont été répétées toutes les deux heures de 5 h à 18 h T. U.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1° Dans les transversales de Bonne Anse, Saint-Nazaire, Arceau, Grand Carnet qui se trouvent situées soit aux environs du maximum de turbidité du bouchon vaseux (Grand Carnet) soit dans sa partie aval, on observe :

a. Une augmentation de la turbidité des eaux lorsque la salinité diminue pendant le jusant.

b. Le maximum de turbidité a lieu en fin de jusant, ce qui confirme nos précédentes observations (1953).

2° Dans la transversale de Cordemais qui se trouvait, au moment des observations, aux environs de la limite amont du bouchon vaseux lorsque celui-ci était à son maximum d'extension vers l'aval, on observe :

a. Au début du jusant, une augmentation de la turbidité due aux apports d'amont mais, principalement, aux apports latéraux. Ceux-ci se produisent par remise en suspension des sédiments fraîchement déposés ou en cours de dépôt dans la zone riveraine.

b. Lorsque les zones riveraines sont exondées en cours de jusant, les apports latéraux cessent et la turbidité devient très faible.

c. Le maximum de turbidité dans le chenal a lieu vers la fin de la période de flot, c'est-à-dire lorsque le bouchon vaseux est à son maximum d'extension vers l'amont.

3° Dans les transversales de Saint-Nazaire, Arceau, Grand Carnet, Cordemais, on observe, en flot, un refoulement très important des eaux turbides vers les rives du fleuve. On peut en suivre toutes les étapes sur les coupes transversales successives où le *maximum de turbidité* se déplace du chenal vers les rives à mesure de la montée du flot.

La remise en suspension des sédiments en cours de dépôt dans les zones riveraines, avec retour vers le chenal, a été nettement observée dans les transversales de Saint-Nazaire, Grand Carnet et Cordemais. La combinaison de ces deux déplacements engendre un mouvement de pulsation des eaux très turbides qui sont alternativement repoussées vers les rives puis ramenées vers le chenal après avoir abandonné une partie de leurs sédiments dans la zone latérale.

Ainsi, le « bouchon vaseux » (Glangeaud, 1938) (1) est le siège de deux mouvements, l'un longitudinal de sens aval-amont et l'autre transversal. Ce phénomène explique l'envasement particulièrement important des zones riveraines dans l'estuaire de la Loire, la rapidité des envasements en arrière des épis (région de Donges-Saint-Nazaire) et l'envasement du port de Saint-Nazaire (2).

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Structure chimique et activité phytocide des acides organiques ou de leurs dérivés dont la molécule contient, dans une chaîne aliphatique aboutissant à la fonction acide, au moins un groupement électronégatif.* Note de M. **Pierre Poignant**, présentée par M. Raoul Combes.

Étude montrant que, sur dicotylédone, les acides et leurs sels possédant un halogène ou un autre groupement électronégatif en α du carboxyle, sont phytocides, tandis que les alkyl-esters sont inactifs. Sur graminée, certains acides mono et polyhalogénés sont phytocides.

Nous avons étudié depuis 1951 qu'elle était l'influence, sur l'activité phytocide, de l'introduction d'un ou de plusieurs halogènes ou autres groupements électronégatifs dans la série des carbures d'une part, puis dans celle des acides organiques, lorsque la substitution est effectuée dans la chaîne aliphatique portant le carboxyle.

Tous les essais ont été réalisés en serre maintenue à la température de $+17,5^\circ$ C $\pm 2,5$ et à l'humidité relative de 85 % $\pm$ 5, sur des plantules de Rutabaga (*Brassica Napocampestris* D. C., stade deux feuilles primordiales, hauteur 5-6 cm) et des plantules de blé (*Triticum vulgare* L., variété *Vilmorin* 27, stade une feuille développée, hauteur 6-8 cm), cultivées en mélange dans des terrines de 625 cm^2. Le traitement des plantules a été effectué sous forme d'une pulvérisation très fine des dilutions (solutions ou émulsions) des substances à essayer (dans une gamme de concentration en progression géométrique de raison 1/2) au moyen d'un atomiseur à réservoir de verre dont la pression d'air était réglée à 800 g/cm^2, et à raison de 10 cm^3 par terrine.

Pour chacune des dilutions le même traitement a été appliqué à quatre terrines. Les produits hydrosolubles ont été essayés tels quels en solution dans l'eau bidistillée; les produits ne pouvant pas être employés en solution aqueuse ont été mis en émulsion (emploi de la cyclohexanone ou de l'acétate de benzyle comme solvants et d'un émulsifiant non-ionique, tous dépourvus d'activité phytotoxique aux concentrations les plus fortes essayées).

L'activité des produits sur Rutabaga a été estimée en précisant à la fois, la

(1) L. Glangeaud, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 8, 1938, fasc. 7-8.

(2) L. Berthois et M. Barbier, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1984.

concentration phytotoxique la plus élevée et la concentration phytocide la plus faible. Nous avons noté également la phytotoxicité de contact éventuelle sur le blé.

Les résultats sont indiqués en parties par million (p. p. m.); la concentration la plus élevée essayée a été de 40 000 p. p. m.

A titre d'exemple, le dinitro-2.4-phénate d'ammonium, herbicide de contact classique, détruit les plantules de Rutabaga à une concentration située entre 312,5 et 625 p. p. m. sans endommager le blé.

1° Les substances suivantes ne possèdent aucune activité phytotoxique sur plantules de Rutabaga et de Blé jusqu'à la concentration la plus forte essayée de 40 000 p. p. m.

a. Série des carbures halogénés : les mono, bromo-éthane, iodoéthane, chloro-1-propane, bromo-1-propane, iodo-1-propane.

b. Acides organiques, sels et esters de la série aliphatique : l'acide acétique, les acétates d'éthyle, de *n*-butyle, d'isoamyle, de benzyle, les acides heptylique, undécylique et oléique. (L'acide undécylénique par exception est phytocide sur Rutabaga entre 10 000 et 20 000 p. p. m. et phytotoxique sur blé à la dose de 2 500 p. p. m. Nous reverrons, dans d'autres notes, l'influence de la double liaison.)

c. Acides organiques, sels et esters de la série aliphatique possédant un halogène non situé en α du carboxyle : les bromo-3-propionates de potassium et de butyle, l'acide chloro-4-butyrique et son ester éthylique, l'acide dibromo-9.10-stéarique.

2° Groupe des acides organiques, sels et esters, possédant un ou plusieurs halogènes ou un autre groupement électronégatif situé en α du carboxyle :

a. Substances phytocides sur Rutabaga : acides monochloracétique et monobromacétique (1250-2500 p. p. m.); monochloracétates de sodium et d'ammonium, monobromacétate de potassium (2 500-5 000 p. p. m.); acides mucochlorique (HOOC—CHCl—CHO) et monobromomalonique (HOOC-CHBr-COOH), bromo-2-propionate de potassium (5 000-10 000 p. p. m.); acide cyanacétique (10 000-20 000 p. p. m.). L'acide phényl-α-bromacétique à 2 500 et 5 000 p. p. m. ne détermine plus les phénomènes morphologiques manifestés par l'acide phénylacétique, mais occasionne sur les plantules de Rutabaga des nécroses localisées.

b. Substances ne présentant aucune activité jusqu'à 40 000 p. p. m. : dichloracétate de sodium, acide trichloracétique et son sel de sodium, monochloracétates de *n*-butyle et de *n*-octyle, bromo-2-propionate de butyle et bromo-2-isobutyrate d'éthyle.

Toutes les substances mentionnées en 1° et 2° sont dépourvues d'activité phytocide directe par contact sur les plantules de blé. Cependant l'acide trichloracétique, son sel de sodium, des monohalo-2-propionates et monohalo-3-propionates de sodium et de butyle, seuls ou en mélanges, les chloromalonates

de sodium et de butyle détruisent la graminée après un jaunissement progressif des plantules.

Certains acides organiques ou leurs dérivés contenant au moins un groupement électronégatif dans une chaîne aliphatique et en α du carboxyle sont phytocides de contact sur plantules de Rutabaga. Cependant, suivant le nombre d'halogènes substitués, les propriétés phytotoxiques peuvent être très modifiées (cas des chloracétates) et les alkyl-esters essayés ont tous été dépourvus d'activité sur Rutabaga. Certains acides organiques, leurs sels et esters possédant au moins un halogène situé ou non en α du carboxyle, possèdent une activité phytocide sur la graminée.

Les résultats préliminaires obtenus sur cette classe de substances mettent en évidence une activité phytocide, soit générale sur dicotylédones et monocotylédones, soit élective vis-à-vis de l'un ou l'autre de ces deux groupes de phanérogames.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Isolement de cinq galactosides du saccharose à partir des racines de Bouillon-blanc* (Verbascum Thapsiforme *Schrad*) Note de MM. **Henri Herissey**, **Paul Fleury**, **Alf Wickström**, **Jean-Émile Courtois** et **Paul Le Dizet**, transmise par M. Maurice Javillier.

Les racines de *Verbascum Thapsiforme* Schrad ont été récoltées à la fin de la première année de végétation. L'extraction par l'éthanol à chaud permet de séparer un mélange hétérogène de polyholosides : les tentatives de fractionnement par l'éthanol ou le méthanol, à différents titres, se sont révélées infructueuses. La solution du mélange de polyholosides a été adsorbée sur une colonne de poudre de cellulose; l'élution par le solvant : isopentanol, 7 vol; pyridine, 7 vol; eau distillée, 4 vol permet de séparer successivement cinq fractions différentes qui se sont montrées homogènes par chromatographie sur papier.

Le premier corps isolé migre sur papier comme un échantillon témoin de stachyose (digalactosidosaccharose), les deux échantillons possèdent, par ailleurs, le même point de fusion et le même pouvoir rotatoire. A notre connaissance, le stachyose largement distribué dans les végétaux n'avait pas encore été isolé du *Verbascum Thapsiforme*.

Les quatre autres polyholosides blancs et amorphes ont été hydrolysés par chauffage de 3 h à 100° en milieu sulfurique dilué. La chromatographie sur papier a permis de caractériser dans les divers hydrolysats, le glucose, le galactose et le fructose; nous n'avons pu y déceler d'autres oses.

Les bandes du chromatogramme correspondant au glucose et au galactose sont découpées, éluées et les aldohexoses dosés par l'acide periodique.

Après hydrolyse partielle de 40 mn à 100° en milieu sulfurique, les polyho-

losides sont dédoublés en fructose et polygalactosidoglucoses, le fructose est séparé par chromatographie sur papier, élué et déterminé selon la microméthode de Nelson-Somogyi ([1]), ([2]).

Nous avons obtenu les résultats suivants qui indiquent que les corps isolés sont des galactosides du saccharose :

	Trigalactosido-saccharose.	Tétragalactosido-saccharose.	Pentagalactosido-saccharose.	Hexagalactosido-saccharose.
$[\alpha]_D^{18°}$ en solution aqueuse, (moyenne d'échantillons distincts desséchés).....	+ 148°,0	+ 161°,3	+ 169°,1	+ 168°,7
Rapport moléculaire $\frac{\text{galactose}}{\text{glucose}}$...............	2,98	3,82	4,91	5,8
Molécules de fructose par molécule de polyholoside.	0,91	0,91	0,96	0,98

Le trigalactosidosaccharose est identifiable au verbascose isolé de l'espèce voisine, *Verbascum Thapsus* L., par Em. Bourquelot et M. Bridel ([3]), l'échantillon décrit par ces auteurs paraît avoir été souillé par les autres galactosides du saccharose associés dans la plante. Le tétragalactosidosaccharose est vraisemblablement identique à l'ajugose isolé par S. Murakami de l'*Ajuga nipponensis* ([4]). A notre connaissance, les penta et hexagalactosidosaccharoses n'avaient pas encore été décrits.

Les quantités d'acide periodique réduit et d'acide formique libéré au cours de l'oxydation periodique tendent à indiquer que les cinq galactosides isolés présentent la structure suivante où tous les aldohexoses sont réunis par des liaisons 1.6 : $[1.6\text{-galactopyrannose}]^n$- 1.6-glucopyrannose-1.2-fructofurannose, où $n = 2$ à 6. Après hydrolyse partielle par l'α-galactosidase des graines de café chacun des galactosides a permis de caractériser par chromatographie sur papier son « homologue » inférieur : stachyose à partir du verbascose, verbascose à partir du tétragalactosidosaccharose, etc. Comme, par ailleurs, l'hydrolyse acide partielle avait libéré la totalité du fructose, situé de ce fait à l'extrémité de la chaîne, nous pouvons conclure de l'ensemble de ces résultats que les racines de *Verbascum Thapsiforme* renferment une série de galactosides du saccharose homologues.

([1]) N. Nelson, *J. Biol. Chem.*, 153, 1944, p. 375.
([2]) M. Somogyi, *J. Biol. Chem.*, 195, 1952, p. 19.
([3]) *J. pharm. et chim.*, 7e série, 2, 1910, p. 481.
([4]) *Acta Phytochimica*, 12, 1941, p. 97.

AGRONOMIE. — *Au sujet des anomalies pigmentaires et morphologiques chez le* Vitis vinifera *L.* Note de M. **Pierre-Marcel Durquéty**, présentée par M. René Souèges.

La Note présente les résultats numériques observés dans 144 descendances provenant d'autofécondations : résultats pour chaque cépage et pour chaque plante mère. Il existerait un « facteur » susceptible d'influencer l'apparition de la mosaïque.

Dernièrement ([1]), nous indiquions la présence d'une mosaïque cotylédonaire sur certaines plantules. Dans la Note présente, nous rapportons les résultats numériques obtenus dans les descendances provenant d'autofécondation : résultats globaux pour chaque cépage, résultats élémentaires pour chaque descendance et leur variation annuelle.

Les résultats globaux sont rapportés dans le tableau I :

Tableau I.

	Effectifs observés dans la descendance.			
Cépage.	Nombre de plantes à cotylédons verts.	Nombre de plantes à cotylédons mosaïqués.	χ^2.	P.
Cot..........	533	177	0,018	#0,95
Duras........	176	64	0,354	#0,55
Merlau b.....	42	11	0,50	0,48
Merlau r......	4 785	1 013	173,25	<0,005
Muscadelle....	102	35	0,022	#0,9
Petit Verdau...	4 476	1 177	52,65	<0,005
Gros Verdau...	25	8	0,010	0,92
Camaralet.....	34	14	0,44	#0,50

Considérons le rapport théorique simple $r = 1/3 =$ nombre de plantes à cotylédons mosaïqués/nombre de plantes à cotylédons verts ou $\mathfrak{T} = 0,25 =$ nombre de plantes à cotylédons mosaïqués/nombre total de plantes obtenues. L'étude comparative, à l'aide du critérium de Pearson, des chiffres observés et des chiffres calculés conduit aux χ^2 et P ci-dessus. D'après ces résultats, il est probable que les écarts enregistrés entre les effectifs observés et calculés pour les cépages Cot, Duras, Merlau b., Muscadelle, gros Verdau, Camaralet, soient le fait du hasard. Il est peu probable, par contre, que le hasard soit à l'origine des écarts existant chez le Merlau r. et le petit Verdau.

Les résultats élémentaires, indiqués en pourcentage p (rapport du nombre des plantules à mosaïque cotylédonaire au nombre des plantules obtenues) sont

([1]) P.-M. Durquéty, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 593.

groupés en classes. Les valeurs limites supérieures de chaque classe entrent dans les classes immédiatement inférieures à ces valeurs. Le tableau II donne la distribution observée :

TABLEAU II.

Classe de p.	Points médians.	Nombre de descendances.	Classe de p.	Points médians.	Nombre de descendances.
0–5	2,5	8	20–25	22,5	31
5–10	7,5	15	25–30	27,5	20
10–15	12,5	25	30–35	32,5	14
15–20	17,5	29	35–40	37,5	2

Cette distribution observée (A) est caractérisée par une moyenne $m = 18,95$ et un écart-type $s = 8,47$. L'ajustement de (A) à la courbe (A′) ayant m et s pour valeurs typiques donne une probabilité $P = 0,66$ correspondant à $\chi^2 = 4,93$, valeur du critérium de Pearson. Les valeurs p peuvent pour l'ensemble de la population de *Vitis vinifera* envisagée être divisées en deux

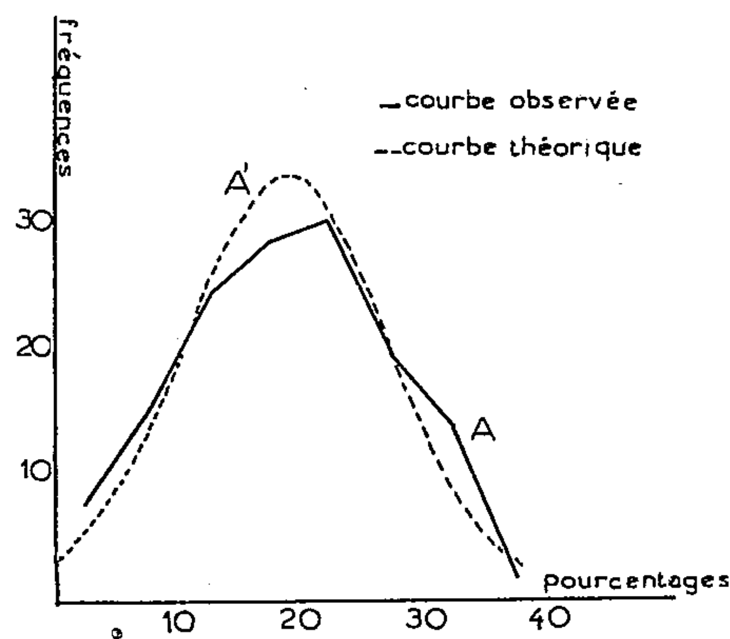


Fig. 1.

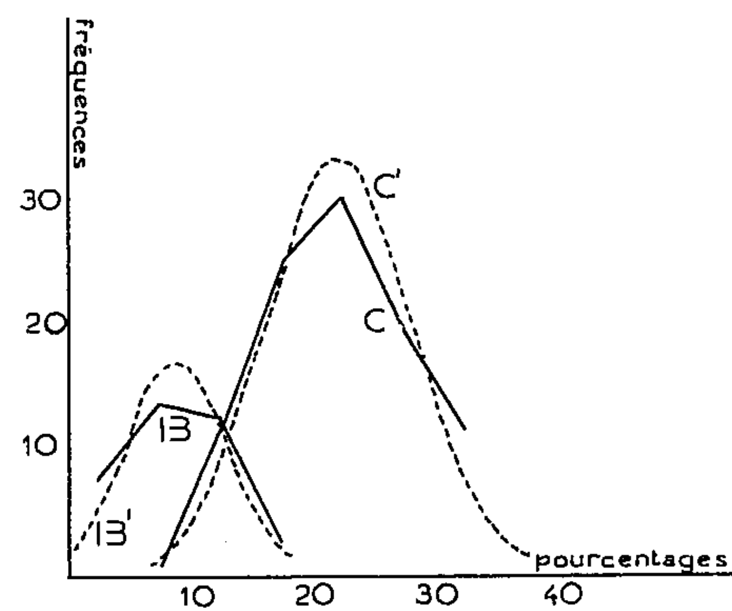


Fig. 2.

groupes : (B) : 28 % des valeurs p présentent un écart avec $\mathfrak{E} = 0,25$ qui n'est probablement pas dû au hasard. (B) est constituée des valeurs de p provenant de 45 % et 23 % des descendances de Merlau r. et de petit Verdau. (C) : 72 % des valeurs p présentent un écart avec $\mathfrak{E} = 0,25$ qui est probablement dû au hasard. Ces résultats proviennent du calcul du χ^2 pour chacune des 144 descendances étudiées. Ces deux distributions observées ont des valeurs typiques dont les valeurs respectives sont : pour (B), moyenne $(M_1) = 8,9$, écart-type $(s_1) = 4,42$; pour (C) : moyenne $(M_2) = 22,05$, écart-type $(s_2) = 6,06$. L'ajustement de (B) et (C) aux courbes normales correspondantes (B′) et (C′) donne : pour (B) : $\chi^2 = 0,105 - P > 0,95$; pour (C) : $\chi^2 = 3,84 - P \# 0,5$. Il est donc probable que les différences entre les courbes (B) et (B′), (C) et (C′) soient dues au hasard. Il est cependant plus probable que le hasard réalise les différences existant entre les courbes (A) et (A′) que celles existant entre (B) et (B′), (C) et (C′).

Les résultats élémentaires varient d'une année à l'autre. — L'étude des descendances en autofécondation de 13 plantes mères de Merlau r. et de petit Verdau en 1953 et 1954 nous a donné, en 1953 : une distribution de p de moyenne $M_a = 22,50$ et d'écart-type $s_a = 6,2$; en 1954 : une distribution de p de moyenne $M_b = 12,88$ et d'écart-type $s_b = 7,45$. La comparaison de ces moyennes aboutit à $\Sigma_c = 7,13$, $t = 3,46$. Il est donc probable que la différence existant entre la moyenne des p en 1953 et 1954 n'est pas due au hasard. Il est remarquable de noter qu'en 1954 les p de 12 descendances sur 13 aient des valeurs inférieures à celles de 1953.

En conclusion, pour la population de *Vitis vinifera* étudiée en autofécondation et dans l'état actuel de nos travaux, il y a tout lieu de penser que la courbe normale (A′) donne la représentation la plus exacte de la distribution des pourcentages de plantules à mosaïque cotylédonaire; un « facteur » variable d'une année à l'autre est susceptible d'influencer le pourcentage d'apparition de la mosaïque dès le stade cotylédonaire.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Emplacement et connexions des cellules neurosécrétrices chez quelques Diplopodes.* Note de M. **Manfred Gabe**, présentée par M. Louis Fage.

Mise en évidence, chez huit espèces de Diplopodes, de cellules neurosécrétrices dont les péricaryones sont situés au voisinage des *globuli* des *corpora pedunculata*; le produit de sécrétion chemine par voie axonale jusqu'à une formation glandulaire latérocérébrale, entre les cellules de laquelle il s'accumule.

Nos connaissances sur les centres nerveux céphaliques des Diplopodes sont très sommaires. Saint-Rémy (1) étudie l'architectonie des centres nerveux chez *Iulus* et chez *Glomeris*, Holmgren (2) décrit la structure des ganglions cérébroïdes chez *Iulus*; en ce qui concerne les autres Diplopodes, seule la morphologie externe des ganglions cérébroïdes est connue dans ses grandes lignes (3), (4), (5). Il y avait donc lieu d'appliquer les méthodes histologiques modernes et en particulier les techniques de mise en évidence élective du produit de neurosécrétion à l'étude des ganglions cérébroïdes des Diplopodes.

La recherche des cellules neurosécrétrices protocérébrales a donné des résultats positifs chez les huit espèces de Diplopodes que j'ai étudiées à ce point de vue (*Glomeris marginata* Vill., *Polydesmus complanatus* L., *Polydes-*

(1) *Thèse Doct. Sciences*, Paris, 1887.

(2) *Kungl. Svenska Vetenskapsakad. Hdl.*, 56, 1916, p. 1.

(3) C. Attems, *Diplopoda. Kükenthals Hdbch. Zool.*, 4, 1926, p. 29.

(4) B. Hanström, *Vergleichende Anatomie des Nervensystems der wirbellosen Tiere*, Berlin, 1928, 628 pages.

(5) K. W. Verhoeff, *Diplopoda. Bronns Kl. Ord. Tierreichs*, 5, II, 2, 1932, p. 1073.

mus helveticus Latz., *Chordeuma silvestre* Koch, *Blaniulus guttulatus* Bosc., *Iulus albipes* Koch, *Iulus londinensis* Leach, *Iulus albolineatus* Leach).

Il s'agit, chez toutes ces espèces, d'éléments dont la taille correspond à celle des neurones plasmochromes. Grossièrement piriformes, les cellules neurosécrétrices sont pourvues de noyaux régulièrement arrondis sur coupes, à chromatine clairsemée et à nucléoles volumineux et homogènes. Le cytoplasme des cellules neurosécrétrices contient moins de ribonucléines pyroninophiles que celui des neurones caryochromes ordinaires et l'on y trouve un produit de sécrétion dont les affinités tinctoriales sont les mêmes que celles des produits de neurosécrétion connus chez les autres Arthropodes. En effet, ce produit se colore fortement par l'éosine, par la fuchsine acide, anilinée ou non, par l'azocarmin et par l'hématoxyline au fer. Il prend énergiquement l'hématoxyline chromique de la méthode de Gomori et la fuchsine-paraldéhyde. La réaction de Hotchkiss-Mc Manus y révèle un glucide différent du glycogène.

Les cellules neurosécrétrices forment deux groupes, situés médialement par rapport au globulus II, qui a été identifié par Holmgren ([2]) chez *Iulus* et dont j'ai pu vérifier la présence chez toutes les autres espèces mentionnées ci-dessus. Les axones se dirigent dans le sens médial et ventral, se rapprochent de la ligne médiane, puis décrivent une courbe à concavité latérodorsale et quittent les ganglions cérébroïdes à la limite du protocérébron et du deutocérébron. Leur trajet est marqué par des grains et des chapelets du produit de neurosécrétion; celui-ci s'accumule surtout dans les coudes que dessinent les fibres nerveuses là où elles changent de direction.

Le trajet extraganglionnaire du nerf ainsi formé est variable suivant les espèces. Chez *Glomeris marginata*, les fibres s'accolent à la face ventrale du nerf de l'organe de Tömösvary et l'accompagnent dans la moitié médiale de son trajet, pour se rendre à une formation glandulaire, constituée de plusieurs digitations, qui divergent à partir du point d'arrivée du nerf. Chacune de ces digitations est formée de cellules assez petites, à noyau central et à cytoplasme plus ou moins riche en un produit phloxinophile après coloration par la méthode de Gomori; ce produit est, en outre, dépourvu d'affinité pour la fuschsine-paraldéhyde. Le produit de neurosécrétion, parvenu entre les cellules de l'organe en question, se colore par l'hématoxyline chromique et par la fuchsine-paraldéhyde, tout comme dans les péricaryones d'origine. Chez *Polydesmus complanatus* et chez *Polydesmus helveticus*, la forme générale de cet organe est celle d'un fuseau, appendu à l'extrémité distale du nerf, qui se sépare de celui de l'organe de Tömösvary à la sortie des ganglions cérébroïdes. Les caractères histologiques des cellules sont les mêmes que chez *Glomeris* et l'on retrouve le produit de neurosécrétion le long des fibres et terminaisons intercellulaires. Chez *Chordeuma silvestre*, le trajet extra-ganglionnaire du nerf est presque transversal et l'organe glandulaire où il se termine revêt la forme d'une bande de cellules appliquées contre un amas important de cellules adipeuses.

Chez les *Iulides* enfin, les fibres neurosécrétrices quittent les ganglions cérébroïdes en arrière du nerf de l'organe frontal, qui remplace celui de l'organe de Tömösvary des autres Diplopodes et se dirigent dans le sens latéral et aboral, vers un amas de cellules glandulaires situées au contact du corps adipeux.

Les axones issus des cellules neurosécrétrices protocérébrales innervent donc, chez tous les Diplopodes examinés, un organe glandulaire, dont la forme présente une certaine diversité suivant la position systématique, mais dont les caractères histologiques sont les mêmes dans tous les cas. En effet, l'organe en question est formé de cellules qui élaborent un produit acidophile, différant du produit de neurosécrétion par son comportement à l'égard de certains colorants, en particulier de la fuchsine-paraldéhyde et de l'hématoxyline chromique de la méthode de Gomori. Le produit de neurosécrétion, qui parvient à l'organe en cheminant le long des axones, reste intercellulaire et conserve l'ensemble de ses affinités tinctoriales.

Les Diplopodes étudiés sont ainsi doués d'une « voie neurosécrétrice » qui relie des péricaryones protocérébraux à une glande où s'accumule le produit de neurosécrétion, glande dont les cellules élaborent un produit de sécrétion propre. Il y a lieu de rappeler qu'un système neurosécréteur de même type a été mis en évidence chez tous les autres Arthropodes qui ont été examinés au moyen de techniques suffisamment électives.

CYTOLOGIE. — *L'appareil acrosomique du spermatozoïde de Bélier*. Note (*) de M. **Robert Ortavant** ([1]), transmise par M. Pierre-P. Grassé.

J. T. Randall et M. H. G. Friedlaender (1950) ([2]), après étude au microscope électronique, ont décrit sur la tête du spermatozoïde de Bélier une membrane, la *galea capitis*, recouvrant l'acrosome composé lui-même de deux parties. J. L. Hancock (1952) ([3]) prétend que les structures décrites par Randall et Friedlaender sont des artefacts dus à des changements *post-mortem* : pour cet auteur, il n'existe qu'un seul capuchon homogène, l'acrosome, enveloppant l'extrémité antérieure de la tête du spermatozoïde de Taureau.

Devant ces interprétations contradictoires et par suite de l'importance généralement accordée à l'acrosome dans la fécondation, nous avons cherché si l'étude de la formation de l'appareil acrosomique et son évolution au cours de la conservation du sperme éjaculé n'apportait pas des éléments d'information complémentaires.

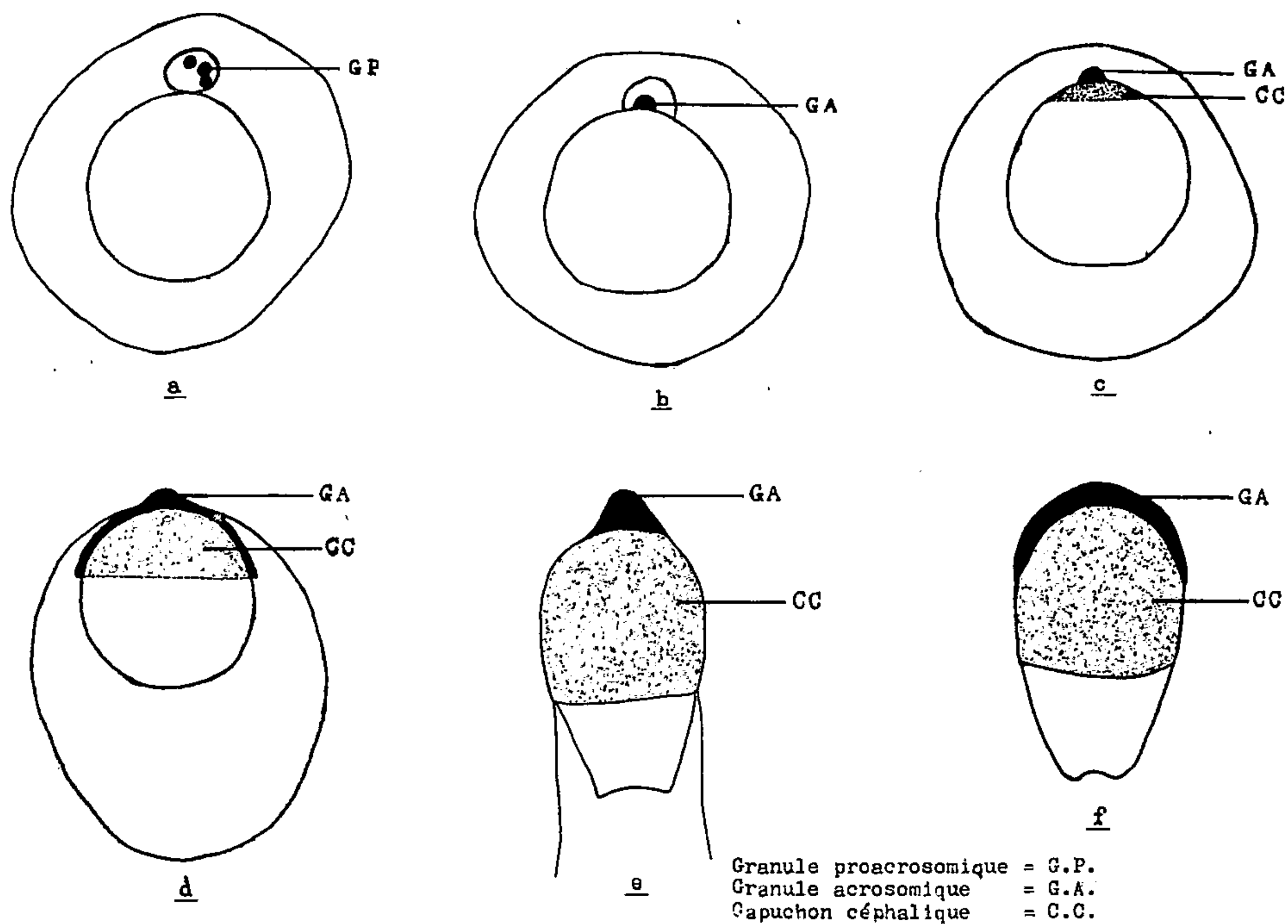
(*) Séance du 27 septembre 1954.

([1]) Avec la collaboration technique de C. Esnault.

([2]) *Exp. Cell. Res.*, 1, 1949, p. 1.

([3]) *J. Exp. Biol.*, 29, 1952, p. 445.

C. Z. Leblond et Y. Clermont (1952) ([4]) ont pu mettre en évidence et suivre la formation de l'acrosome chez le Rat, la Souris, le Cobaye et le Hamster à l'aide de la réaction d'oxydation des mucopolysaccharides par l'acide périodique (R. D. Hotchkiss, 1948) ([5]). L'utilisation de cette même technique nous a permis les observations suivantes.



Lorsqu'une nouvelle génération de spermatides apparaît au cours du cycle de l'épithélium séminifère, l'idiozome, qui constitue l'appareil de Golgi de celles-ci, renferme deux à trois granules proacrosomiques (*fig.* 1 *a*). Au stade suivant ceux-ci fusionnent en un seul granule acrosomique qui est déposé sur le noyau (*fig.* 1 *b*). Partant du granule acrosomique un capuchon, vraisemblablement sécrété par celui-ci, se développe en s'appliquant sur la membrane nucléaire de la spermatide (*fig.* 1 *c* et 1 *d*). Puis, par suite de l'allongement et de l'aplatissement du noyau de la spermatide, le granule acrosomique prend la forme d'un coin allongé et s'étale sur le capuchon. On peut alors lui donner le nom d'acrosome.

Ainsi le spermatozoïde libéré dans le tube séminifère possède un appareil acrosomique complexe constitué par l'acrosome résultant de l'étalement du

---

([4]) *Amer. J. Anat.*, 90, 1952, p. 167.
([5]) *Arch. Biochem.*, 16, 1948, p. 136.

granule acrosomique et par le capuchon céphalique sécrété par ce dernier. Nous ne pouvons donc suivre R. A. R. Gresson et I. Zlotnik (1945) ([6]), lorsqu'ils prétendent que le capuchon céphalique se forme à partir de la vacuole archoplasmique, celle-ci n'existant pas, ou lorsqu'ils admettent une structure homogène de l'acrosome.

Au contraire, nos résultats confirment pleinement ceux de Leblond et Clermont (1952) obtenus sur les Rongeurs.

Sur les spermatozoïdes éjaculés, la coloration devient très faible. Elle reste cependant suffisante, pour qu'après fixation aux vapeurs d'acide osmique, on puisse mettre en évidence les constituants de l'appareil acrosomique que nous avons vu sur les spermatozoïdes testiculaires. En effet, avec ce fixateur, il se produit un gonflement de l'acrosome qui se colore uniformément, tandis que le capuchon céphalique reste étroitement appliqué à la tête du spermatozoïde. De plus, au cours de la conservation du sperme, a lieu une dissociation entre ces deux structures. Certains spermatozoïdes ont un acrosome ne se colorant que partiellement, d'autres ne possèdent que le capuchon céphalique, d'autres enfin ne présentent ni acrosome, ni capuchon céphalique (tableau). Des études effectuées sur les spermatozoïdes éjaculés du Taureau nous ont amené à des conclusions identiques.

Durée de conservation.	Acrosome : + Capuchon : + (%).	Acrosome : partiel Capuchon : + (%).	Acrosome : O Capuchon : + (%).	Acrosome : O Capuchon : O (%).
o h.............	90	9	0,7	0,3
24 h.............	60,5	23	8	8,5

Ainsi, bien que l'examen des spermatozoïdes vivants au microscope à contraste de phase montre que les objections de Hancock (1952) relatives au schéma complexe donné par Randall et Friedlander (1949) sont fondées, nous avons cependant établi que l'appareil acrosomique de Bélier présente une double structure : un capuchon céphalique surmonté d'un acrosome.

RADIOBIOLOGIE. — *Influence de l'anesthésie potentialisée (Laborit) sur le taux de mortalité des cobayes irradiés.* Note (*) de MM. **Charles M. Gros** et **Jean Comsa**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

D'après Lacassagne ([1]) le refroidissement rend les souris nouveau-nées plus résistantes à l'irradiation par les rayons X. De même d'après Lamarque et

---

([6]) *Proc. Soc. Roy. Edin.*, 62, p. 137.

(*) Séance du 12 juillet 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 231.

Ch. M. Gros ([2]) les œufs de *Bombyx mori* supportent mieux l'irradiation aux rayons X s'ils sont préalablement refroidis.

Il peut en être conclu que le ralentissement du processus physiologique (obtenu en l'occurrence par le froid ([3]) augmente la résistance de l'organisme envers les rayons X.

Le ralentissement du métabolisme peut être obtenu chez les animaux supérieurs par l'association médicamenteuse mise au point par Laborit et ses collaborateurs ([4]). Il est donc justifié de tenter de protéger les animaux contre les rayons X par cette association médicamenteuse.

Le chloro-3 (diméthyl-amino-3′ propyl)-10 phénothiazine seul [d'après F. Baclesse et M. Marois ([5])] a montré une action protectrice puissante contre les rayons X chez le Rat, mais seulement si les animaux ont été refroidis.

Expérience. — Cobayes mâles ± 20 g. Les animaux ont été traités comme suit :

Temps	Injection de
0...........	chlorhydrate de diméthylamino-2 méthyl-2 éthyl-N-thiodiphénylamine (sous-cutané) (30 mg/Rq).
2 h 40 mn....	chlorhydrate de diméthylamino-2 méthyl-2 éthyl-N-thiodiphénylamine (20 mg/Rq) + chlorhydrate de l'ester éthylique de l'acide méthyl-1 phényl-4 piperidine-carboxylique-4 (10 mg/Rq) (sous-cutané).
3 h..........	chloro-3 (diméthylamino-3′ propyl)-10 phénotiazine (30 mg/Rq) intra-péritonéal + chlorhydrate de l'ester éthylique de l'acide méthyl-1 phényl-4 pipéridine-carboxylique-4 (10 mg/Rq) (sous-cutané).
5 h..........	chlorhydrate de diéthylamino-éthyl-N thiodiphénylamine (10 mg/Rq) + para-aminobenzoate de diéthylaminoéthanol (20 mg/Rq) (sous-cutané).

Cette posologie sera discutée ailleurs *in extenso*.

Les injections de chlorhydrate de diméthylamino-2 méthyl-2 éthyl-N-thiodiphénylamine et de chlorhydrate de l'ester éthylique de l'acide méthyl-1 phényl-4 pipéridine-carboxylique-4, dans ces doses n'ont aucune conséquence visible. L'injection de chloro-3 (diméthylamino-3′ propyl)-10 phénothiazine et de chlorhydrate de l'ester éthylique de l'acide méthyl-1 phényl-4 pipéridine-carboxylique-4 a pour conséquence un sommeil profond qui dure 5 h environ (les premiers animaux se réveillent au bout de 5 h, les derniers au bout de 8 h).

Les intervalles entre les différentes injections ont été les mêmes dans toutes

([2]) *Brit. J. Radiol.*, 18, 1945, p. 293-296.

([3]) Cependant il faut rappeler que l'hibernation physiologique du hamster doré ne s'accompagne pas d'une augmentation notable de la résistance aux rayons X (F. Smith et M. Greman, *Science*, 113, 1951, p. 686).

([4]) *Voir* la bibliographie très abondante sur l'anesthésie potentialisée dans Laborit et P. Huguenard, *Pratique de l'hibernothérapie, etc.*, Masson, 1954.

([5]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1926.

les expériences dont nous rendrons compte. L'irradiation aux rayons X ([6]) a été faite à un moment variable par rapport à l'injection de chloro-3 (diméthylamino-3′ propyl)-10 phénothiazine et de chlorhydrate de l'ester éthylique de l'acide méthyl-1 phényl-4 pipéridine-carboxylique-4 (une seule irradiation totale de 800 r).

Résultats.

Injection.	Taux de mortalité dans les 20 jours après l'irradiation.
Immédiatement avant l'irradiation	4 sur 10
5 h après	2 » 10
	2 » 10
10 h après	1 » 10
	1 » 10
	1 » 10
16 h après	4 » 10
24 h après	8 » 10
Animaux irradiés sans traitement	7 » 10
	8 » 10
	8 » 10
	9 » 10
	9 » 10
	10 » 10

Il est donc visible que ce traitement a abouti à une notable diminution de la mortalité des animaux irradiés. L'effet protecteur est déjà significatif dans le lot irradié immédiatement après l' injection de chloro-3 (diméthylamino-3′ propyl)-10 phénothiazine. L'effet protecteur est obtenu surtout en injectant ce produit 5 à 10 h après l'irradiation. Il devient indécelable 24 h après.

Enfin, l'association médicamenteuse que nous avons employée protège le Cobaye contre une dose mortelle de rayons X sans qu'il soit nécessaire de refroidir les animaux.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Acides ribonucléiques de quelques mycobactéries.* Note de Mme **Yvonne Khouvine** et M. **Lucien Wysmann**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Isolement et analyse d'acides ribonucléiques de mycobactéries tuberculeuses d'origine humaine, bovine et de Myc. paratuberculeuses.

Nous avons étudié la constitution des acides ribonucléiques (ARN) de quelques souches de mycobactéries virulentes ou non et d'origines différentes :

([6]) Dans les conditions décrites dans : Ch. M. Gros et J. Comsa, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1611 et J. Comsa et Ch. M. Gros, *Nature*, London, 171, 1954, p. 307.

$H_{37}Rv$, $H_{37}Ra$, $H_{37}RvStR$ (humaines), Dupray S, B.C.G. Marmorek, (bovines) et Bruynoghe et Adant (paratuberculeuses), en appliquant la méthode d'extraction que nous avons déjà utilisée pour *Myc. phlei* [1].

On met 30 g de bactéries sèches, délipidées selon Anderson par Lederer et ses collaborateurs, en suspension dans 300 cm³ de ClNa 0,14 M et on les broie dans le broyeur d'Eppenbach jusqu'à ce que le contrôle microscopique montre que la plupart des bactéries ont éclaté (environ 30 mn au n° 0). On fait ensuite deux extractions par ClNa à 10 %, 12 h à 65°, en agitant mécaniquement. On centrifuge les liquides d'extraction 1 h à 16 000 t/mn, et l'on précipite par ClH à pH 2 ou par l'alcool (le précipité alcoolique est toujours beaucoup plus impur que le précipité acide). On purifie par 3-4 redissolutions dans une solution de bicarbonate de sodium et l'on reprécipite par l'acide chlorhydrique ou par l'alcool, en centrifugeant à 16 000 t/mn. On dose N, P, ribose et désoxyribose et l'on fait le dosage chromatographique des bases puriques et pyrimidiques selon Markham et Smith. Les ARN obtenus contiennent souvent des polysaccharides (10 à 50 %) ou de l'inositol, ce qui diminue les taux de N et de P, tout en laissant les rapports N/P assez proches du rapport théorique. La présence des polysaccharides ne gêne pas le dosage de ribose, mais augmente souvent le taux de désoxyribose, car on observe par des chromatographies après hydrolyse formique, qu'il n'y a pas de thymine ou qu'il n'y en a que très peu. La présence de polysaccharides ne gêne pas non plus le dosage des bases puriques dont le rendement par rapport au P purique est presque toujours théorique, mais gêne peut-être le dosage des bases pyrimidiques dont le rendement est souvent faible, surtout quand on retrouve moins de 80 % du P total. Il est possible aussi que les polysaccharides soient phosphorylés ou que plusieurs atomes de P soient liés à la même base pyrimidique. Nous donnons dans le tableau ci-après les analyses dont le rendement n'est pas inférieur à 80 %, faites avec les échantillons ne contenant pas de désoxyribose ou n'en contenant pas plus de 10 % et provenant d'extractions avec NaCl 0,14 M ou à 5 %. Nos résultats sont exprimés en nombre de molécules de bases pour 100 atomes de P corrigé.

Les ARN de $H_{37}Ra$ et de $H_{37}Rv$ ont des constitutions très voisines, peut-être cependant, avec une teneur plus faible en cytosine pour les extractions par ClNa 0,14 M. Les ARN de $H_{37}RvStR$ qui, d'ailleurs, ne sont extraits qu'avec des rendements particulièrement faibles, comme si la streptomycino-résistance s'accompagnait d'un changement dans les liaisons ARN-protéines, ont une teneur plus faible en uracile et plus forte en cytosine que les ARN correspondants de $H_{37}Rv$. Les ARN de la souche Dupray S (bovine, virulente) ont plus de cytosine et moins de guanine et d'uracile que les ARN humains d'extractions correspondantes. L'ARN Marmorek (souche bovine, non virulente) a

(1) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2118.

moins de cytosine et plus de guanine que l'ARN Dupray S et le BCG a plus de guanine, d'adénine et moins de cytosine que les autres ARN bovins, ce qui montrerait que les acides bovins sont moins homogènes que les acides humains. Enfin, l'ARN Bruynoghe a une forte proportion de guanine et peu d'uracile, comme celui de Myc. Phlei (rapporté à 100 P). Dans tous ces acides, l'adénine varie peu. Les rapports Pur/Pyr sont tous supérieurs à 1, quelquefois voisins de 2 ou supérieurs à 2. Les rapports C/U varient largement et, seuls les rapports G/A varient peu. Il semble que les extractions par ClNa à différentes concentrations, qui ne sont que des extractions d'ARN totaux, sans fractionnements de nucléoprotéides, permettent cependant, d'isoler des ARN de constitutions différentes, suivant la souche, la virulence pour les souches bovines, et la concentration en sel.

		Rib. (%).	Des. (%.)	G.	A.	C.	U.	Nombre de Chrom.	Nombre de Taches.	$\frac{Pur}{Pyr}$.	$\frac{G}{A}$.	$\frac{C}{U}$.	Rdt (%).
H_{37}Ra	0,14 M 1...	58	5	40	28	19	12	4	31	2,19	1,42	1,58	95
	5 % 1......	83	0	40	26	22	12	2	14	1,94	1,56	1,81	100
H_{37}Rv	0,14 M....	58	3	39	27	21	13	3	14	1,94	1,44	1,61	91
	5 % 1......	66	9	37	26	24	13	3	24	1,70	1,42	1,84	100
H_{37}Rv StR	0,14 M 1...	–	–	39	29	24	8	1	10	2,12	1,34	3,00	100
	0,14 M 2...	–	–	38	28	25	9	2	16	1,94	1,35	2,77	98
	5 % 1.....	–	–	37	25	27	11	2	18	1,63	1,48	2,45	98
	5 % 2......	–	–	37	27	26	10	2	18	1,77	1,37	2,60	99
Bovin Dupray S	0,14 M 1 ac.	81	7,1	35	24	27	14	2	10	1,43	1,45	1,64	84
	0,14 M 2 al.	68	1,2	34	24	27	15	2	11	1,38	1,42	1,73	85
Marmorek.	0,14 M 1 ac.	41	–	36	26	23	15	6	29	1,63	1,38	1,53	83
	0,14 M 1 al.	48	–	39	26	23	12	5	37	1,85	1,50	1,91	82
BCG	5 % 2......	74	0	42	29	19	14	2	14	2,15	1,44	1,35	96
Bruynoghe	0,14 M 1a c.	63	–	44	25	23	8	3	23	2,25	1,76	2,87	80
	0,14 M 1 al.	57	–	44	25	23	8	2	16	2,25	1,76	2,87	83

PARASITOLOGIE. — *Observations et expériences pour l'interprétation d'infestations naturelles d'imagos mâles d'*Ectophasia *par des larves* I *de leur propre espèce* (Diptera Larvævoridæ, *subfam.* Phasiinæ) (1). Note de M. **Claude Dupuis**, présentée par M. Louis Fage.

Chez *Ectophasia rostrata*, l'expulsion des œufs et leur adhérence à un substrat, le développement embryonnaire et l'éclosion des larves I, puis leur pénétration dans un hôte ne dépendent pas nécessairement des Hétéroptères, hôtes normaux des Diptères de la subfam. *Phasiinæ*. Ceci ressort de quelques expériences simples et de l'étude de deux ♂♂ infestés naturellement par des larves I de leur propre espèce.

Deux ♂ ♂ d'*Ectophasia rostrata* (Egger, 1860), capturés à Richelieu (Indre-

(1) *Contributions à l'étude des* Phasiinæ *cimicophages*, XVII.

et-Loire) en août 1954, portaient chacun un œuf de leur propre espèce, l'un sur la membrane pleurale du quatrième urite visible (face ventrale), l'autre sur le dos du dernier urite visible. Chacun de ces œufs, éclos, recouvrait une nette perforation circulaire du tégument de l'hôte due aux larves I. Celles-ci furent observées, à la mort des hôtes, un à deux jours après la capture, fixées dans l'abdomen à une trachée, mortes, mais non lysées.

L'isolement des ♂♂ en question dès la capture garantit le caractère naturel de leur infestation, confirmé par le fait que les ♀♀ d'*Ectophasia* pondent des œufs ne renfermant pas immédiatement de larves éclosantes.

Ces deux cas de Diptères ♂♂ naturellement hôtes de larves de leur espèce ne s'expliquent pas sans un essai d'étude des conditions et facteurs de la spécificité parasitaire des *Phasiinæ*. Les hôtes des larves de *Phasiinæ* vrais, signalés valablement à ce jour sont en effet, toujours et partout, des Hémiptères Hétéroptères terrestres.

Pour les *Phasiinæ*, comme pour tout insecte parasite protélien, la spécificité parasitaire peut être liée, soit à la phase maternelle du cycle de génération et, entre autres, aux impératifs de comportement de l'imago ♀, soit à la phase infantile de ce cycle et, notamment, aux exigences physiologiques du développement larvaire, soit encore, plus vraisemblablement, à l'addition de ces deux ensembles de facteurs. Les deux cas rapportés ici prouvent que certaines des étapes successives du processus qui conduit d'une ♀ d'*Ectophasia* gravide aux imagos de la génération suivante ne dépendent pas nécessairement des Hétéroptères. Quelques observations expérimentales très simples aideront à préciser les étapes dont il s'agit.

Phase maternelle; spécificité imaginale. — On peut obtenir, dans certaines conditions anormales, le dépôt d'œufs d'*Ectophasiina* ailleurs que sur des Hétéroptères. Pour apprécier l'exacte portée de ces faits dans la nature, il importe de bien distinguer l'expulsion des œufs hors des voies génitales femelles de leur adhérence à un substrat.

Les ♀♀ gravides de divers *Ectophasiina* expulsent fréquemment des œufs, en l'absence de tout Hétéroptère, sous l'effet de toxiques (vapeurs de $CH_3CO_2—C_2H_5$) ou d'une forte concentration d'insectes vivants dans un petit récipient et aussi, peu avant leur mort en captivité sans possibilité de ponte normale.

Les œufs expulsés de la sorte peuvent rester fixés aux génitalia des ♀♀ ou s'en détacher et adhérer alors à des substrats fort divers : pattes de la pondeuse, verre du tube de capture, fragment végétal, corps d'un autre *Phasiinæ* (éventuellement d'espèce différente) confiné dans le même récipient. Transportés sur du papier buvard à peine humecté, de tels œufs y adhèrent.

Ces observations d'expulsion et d'adhérence des œufs permettent d'entrevoir l'importance du comportement des imagos ♀♀ comme facteur de la spécificité

parasitaire et d'expliquer comment des ♂ ♂ d'*Ectophasia* peuvent recevoir dans la nature des œufs de leur espèce. En effet, si un léger contact accidentel suffit au passage d'un œuf des génitalia femelles à un substrat quelconque, encore faut-il que ce contact se produise; la probabilité en est faible dans la nature où les ♀ ♀ ne s'agitent pas dans des tubes étroits remplis de mouches vivantes et se posent sur les fleurs l'abdomen relevé. Il faut donc admettre que le contact est établi par les ♀ ♀ elles-mêmes, et sélectivement, avec les Hétéroptères; l'intervention du facteur « comportement maternel » dans la spécificité des *Phasiinæ* est donc évidente.

Il est néanmoins une circonstance normale qui place les ♀ ♀ d'*Ectophasia* au contact avec des insectes autres que les Hétéroptères : il s'agit de l'accouplement. La présence d'œufs sur des ♂ ♂ d'*Ectophasia* s'explique donc aisément par le transfert passif d'un œuf d'une ♀ gravide à un ♂ tentant de s'accoupler avec elle. L'interprétation vaut indifféremment, que les œufs soient normalement expulsés avant ou pendant le contact des ♀ ♀ avec le substrat.

Phase infantile; spécificité larvaire. — Les œufs d'*Ectophasia* au moment de la ponte ne présentent pas trace de larve I. Le développement de celle-ci demande deux ou trois jours et se produit indépendamment du substrat, qu'il s'agisse d'un Hétéroptère, d'un Homoptère (expérience avec *Ceresa bubalus* F.), d'un Diptère (♂ d'*Ectophasia*), voire d'un morceau de papier buvard. Dans toutes ces circonstances, la larve I éclosante parvient à perforer la face ventrale adhésive du chorion. Toujours indépendamment du substrat, elle parvient à sortir de l'œuf. Si le substrat s'y prête (Hétéroptères, mais non dans tous les cas; ♂ ♂ d'*Ectophasia*) elle le perfore à la suite du chorion et pénètre dans l'hôte au point immédiatement sous-jacent. Si la perforation est impossible, la larve I sort de l'œuf, en partie ou totalement, puis meurt sur le substrat (*Ceresa*; Hétéroptères dans certains cas) ou, plus souvent, ne quitte pas l'œuf et y meurt (papier buvard; Hétéroptères dans bien des cas). Ni l'abandon de l'œuf ni la perforation du tégument de l'hôte par la larve I ne dépendent donc spécifiquement de la nature de l'hôte. De même en va-t-il de l'installation d'une larve I dans l'hôte comme l'indiquent les deux cas rapportés. On peut donc dire qu'il n'y a pas de spécificité parasitaire nécessaire lors de ces tout premiers stades de la phase infantile du cycle de génération. Les larves I d'*Ectophasia* puis les larves II et III peuvent-elles poursuivre un développement parasitaire ailleurs que chez un Hétéroptère, ou bien existe-t-il un moment de la vie larvaire où l'hôte normal devienne indispensable ? Dans le premier cas, la spécificité d'*Ectophasia* dépendrait entièrement des ♀ ♀ gravides, dans le second, les exigences des larves ajouteraient leurs effets à la spécificité du comportement imaginal.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Épidémiologie d'une affection provoquée par un élément à la limite du groupe des rickettsies et commune à l'Homme et aux animaux*. Note de MM. **Paul Giroud**, **Francis Roger**, M[me] **Nicole Dumas** et M. **Jacques Prat**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'apport d'un bovin infecté dans une écurie provoque la maladie de sujets neufs, maladie se présentant sous forme de bronchopneumonie et d'avortement. Les hommes qui les soignent font des maladies à rechutes s'accompagnant de réactions hépatiques. Après le premier stade pulmonaire s'établit chez une vache un syndrome encéphalitique. Isolement d'une souche à la limite des rickettsies et du groupe de la psittacose.

Des constatations faites, aussi bien en Afrique qu'en Europe, nous ont amenés à rapprocher des syndromes cliniques jusqu'à présent éloignés tant au point de vue clinique qu'au point de vue étiologique. Ils étaient éloignés surtout du fait des expérimentateurs qui, systématiquement, par l'adaptation uniquement cérébrale des souches qu'ils voulaient isoler, transformaient leurs caractères. Nous avons pensé qu'il valait mieux chercher à synthétiser et à trouver un même antigène commun auquel pourrait répondre différentes affections. On sait en pathologie vétérinaire que sur le bovin même il y a trois souches de virus aphteux et l'expérimentateur multiplie à loisir sur cobaye le nombre de ces souches. Il en a été de même sur le sol africain où les expérimentateurs ont multiplié le nombre des virus infectant l'Homme et responsables, bien souvent, d'affections mortelles, cliniquement semblables.

Avec Le Gac, nous avions vu en Afrique, que des exanthèmes, des réactions méningées, des encéphalites, répondaient à un élément à la limite des rickettsies et que l'on a classé dans le groupe de la psittacose puisque c'est à cet antigène qu'ils réagissaient (1).

Avec Jadin, nous avons isolé tout d'abord d'un enfant européen présentant un exanthème et d'un Africain présentant une encéphalo-myocardite, un élément pathogène de 200 à 300 mμ, parasitant électivement les noyaux et les protoplasmes et creusant dans ces tissus des logettes qui nous rappelaient le comportement des antigènes du groupe boutonneux pourpré (2).

Avec Vouilloux à Fort-Lamy, sur des souris inoculées avec les produits virulents prélevés chez un enfant de 7 ans mort avec éruption, signes nerveux, gros foie, nous avions le même type de souche.

Nous avons vu, d'autres part, que les sérums de sujets présentant des syndromes divers réagissaient sur ce même type d'antigène.

L'observation que nous voulons rapporter a un gros intérêt épidémiologique car elle montre que, dans une province française, l'apport d'un bovin infecté

(1) P. Giroud, P. Le Gac, F. Roger et N. Dartois, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1576.

(2) P. Giroud et J. Jadin, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2039.

venant d'une autre région et dont l'infection fut prouvée sérologiquement peut provoquer une affection de l'Homme et des animaux.

Le 20 février 1954, on introduit dans une exploitation une vache qui vient de vêler (17 février 1954) et dont la température atteint 41°. Quelques jours plus tard son veau meurt. Cette vache avait dû être délivrée artificiellement le 19 février. Elle présente de la fièvre, des signes de bronchopneumonie; elle tousse, a une respiration accélérée, de l'inappétence, de l'inrumination. Après une chute thermique transitoire, la température remonte et redevient à peu près normale le 1er mars.

Ce même jour, les trois vaches de l'exploitation présentent les mêmes symptômes que la précédente. C'est donc sept ou huit jours après l'introduction de la vache malade que les autres animaux ont leurs premiers symptômes. Une de ces vaches succombe le 7e jour; on constate des lésions de bronchopneumonie et d'oedème étendues aux deux poumons, une pleurite avec adhérence, une hypertrophie des ganglions avec congestion intense. Congestion hémorragique de certaines zones du tube digestif. Sur le cœur, pétéchies et ecchymoses; l'utérus contient un fœtus de deux mois et demi.

Quelques temps après, les propriétaires des bovins faisaient des épisodes pulmonaires et dont l'un s'est compliqué d'une réaction hépatique.

Sérologiquement, les bovins et les humains montraient les mêmes réactions positives vis-à-vis des mêmes types d'antigènes du groupe de la psittacose. Ces faits nous amènent à penser que c'est à la même source que pour ce groupe les hommes et les animaux s'infectent.

Quatre mois après, un des bovins qui ne s'était jamais remis, présente un syndrome d'encéphalite sans fièvre. Tête étendue sur l'encolure, yeux hagards, titubation, perte d'équilibre avec chute sur le sol. Inappétence, grincement des dents, inrumination, téguments froids au toucher. La température est du reste à 38°,4-38°6. Il y a des tremblements musculaires, une légère déviation de l'œil droit. La vache a peur lorsqu'on s'approche d'elle. Sur les frottis d'organes, on met en évidence des éléments de 200 à 300 mμ. L'inoculation à l'animal permet l'isolement d'un élément (souche S.15) d'un type comparable à celui de nos souches X.14 et V.14 isolées de l'Homme.

La réaction de fixation cinétique négative lors d'un premier prélèvement est faible lorsqu'on sacrifie l'animal.

La séance est levée à 16 h.

R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 OCTOBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE DE BROGLIE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur la signification cosmogonique des satellites de Saturne.* Note de M. **ALEXANDRE DAUVILLIER.**

L'auteur montre que le mécanisme de la formation des Anneaux de Saturne a été le même que celui des anneaux des Astéroïdes; qu'ils sont, ainsi que les satellites normaux des planètes géantes, principalement constitués de glace et comment leur formation est compatible avec la théorie cinétique des gaz.

Dans une précédente Note (1), nous avons souligné avec M. H. Camichel, l'analogie de structure existant entre le système des satellites de Saturne et le système planétaire, Titan étant l'homologue de Jupiter. Les cinq premiers satellites et les Anneaux n'ont pas une signification cosmogonique moindre, comme nous allons l'exposer.

Le système des Anneaux a, d'abord, été interprété comme un « anneau » de Laplace ne s'étant pas condensé en satellite. Or, il ne saurait être gazeux et il est en révolution képlérienne. Il a, ensuite, été considéré comme un astéroïde capturé s'étant fragmenté en deçà de la limite de Roche. La masse des plus gros astéroïdes est, en effet, largement suffisante pour rendre compte de celle des Anneaux. Les observations polarimétriques de Lyot (2) plaident en faveur d'une telle interprétation. Cependant, l'albédo visuel (0,8) est très supérieur à ceux des astéroïdes et leur aspect photographique, en lumière ultraviolette et infrarouge est tout différent. De plus, la limite de Roche r est bien inférieure à leur bord externe ($r = 2,26\,R$), R étant le rayon équatorial de la planète, aussi bien pour un astéroïde métallique ($\rho = 8\,g\,cm^{-3}$, $r = 1,1\,R$) que pierreux ($\rho = 3,5$; $r = 1,5\,R$).

Sir J. Jeans a suggéré que les Anneaux étaient dus à la rupture d'un satellite normal de la planète s'étant lentement rapproché dans un milieu résistant, de

(1) H. CAMICHEL et A. DAUVILLIER, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1231.

(2) B. LYOT, *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 960.

la limite de Roche. Celle-ci est effectivement supérieure ($r = 2,44$ R) au rayon du bord externe, lorsqu'on attribue au satellite la même densité que celle de la planète ($\rho = 0,7$ g cm^{-3}). Or une telle valeur est physiquement inacceptable et la plus faible densité permise est celle de la glace ($\rho = 1$), ce qui place la limite de Roche ($r = 2,20$ R) en deçà du bord externe. Le satellite serait demeuré stable sur cette orbite. De plus, la limite théorique de l'atmosphère de Saturne ne dépasse pas $r = 1,87$ R. Les Anneaux ne peuvent donc avoir été engendrés par le mécanisme de Roche.

Si l'on remarque que les cinq premiers satellites de Saturne se distribuent selon une loi exponentielle de distance, on peut calculer le rayon r de l'orbite quasi circulaire sur laquelle aurait gravité un premier satellite ayant donné naissance aux Anneaux. On trouve : $r = 2,25$ R, soit exactement la limite externe des Anneaux. Nous indiquerons plus loin la cause de sa rupture.

Nous avons déjà suggéré ([3]) que les satellites *normaux* des planètes géantes devaient être constitués de H_2O et H_2S, à l'exclusion d'éléments plus lourds. Les Anneaux résultant de la fragmentation d'un tel corps céleste devraient donc, surtout, être formés de glace, comme Maupertuis l'avait suggéré en se basant sur l'identité des albédos visuels de l'Anneau (0,8) et de la neige (0,78). H. Jeffreys a considéré Callisto comme étant en glace et Huaux ([4]) a proposé un modèle formé des sept glaces de Bridgman. Kuiper ([5]) a justifié cette idée en montrant que le spectre infrarouge des Anneaux était identique à ceux des calottes polaires de Mars et du givre. Il a montré, en outre, que la densité des cinq premiers satellites était voisine de l'unité et que leur albédo était aussi voisin de 0,8.

Cependant, la théorie cinétique des gaz interdit la formation d'aussi petits corps célestes à partir de l'état gazeux. Si l'on calcule la masse limite d'un satellite, surtout constitué de vapeur d'eau hypercritique sous haute pression, de densité voisine de l'unité et à la température de 800° K, on trouve une masse de 2.10^{24} g, voisine de celle de Rhéa. Nous pouvons, d'autre part, calculer celle de ce premier satellite hypothétique de Saturne, sachant que celles des trois premiers obéissent à une loi exponentielle. On trouve ainsi $m = 9.10^{21}$ g, soit $S/64.10^6$, S étant la masse de la planète, en accord avec la limite de Maxwell : $m = S/57.10^6$. Cette masse est 200 fois moindre que la masse critique. La densité surfacique moyenne des Anneaux est de 20 g/cm². De même que la planète d'Olbers devait être *la plus petite planète* (10^{26} g), l'homologue inférieur de Mimas devait être *le plus petit satellite*.

Tous ces faits reçoivent une interprétation simple dans la théorie des planètes

([3]) A. Dauvillier, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 222; 237, 1953, p. 951.
([4]) *Bull. Acad. Roy. Belgique*, 37, 1951, p. 534.
([5]) *The atmospheres of the Earth and Planets*, Chicago, 1948.

jumelles ([6]). Les satellites jumeaux devant constituer, par leur jonction, le premier satellite de Saturne, sont nés de la dernière oscillation d'une planète gazeuse déjà refroidie superficiellement au-dessous de 1 000° K et avec une masse déjà inférieure à la masse critique. Ainsi s'explique la présence de CH_4 sur Titan. Ils se sont *évaporés* dans la proportion de 98 à 99 %. Leur faible masse et cette évaporation intense ont été la cause d'un rapide refroidissement qui a amené (vers 192° C) leur cristallisation.

Cette solidification les a sauvés d'une totale évaporation. Alors que les autres satellites jumeaux ont fusionné à l'état fluide, ceux-ci se sont captés (après quelques mois) à l'état solide et ont été progressivement disloqués par les forces de marée ainsi engendrées. Leur histoire est donc semblable à celle des deux planètes jumelles qui, devant constituer la planète d'Olbers, ne se sont rencontrées qu'après quelques millénaires, par suite de la grandeur de leurs orbites et de leur faible masse, et au terme de leur évolution chimique et minéralogique, soit à l'état cristallin, et ont donné naissance aux anneaux d'Astéroïdes et aux météorites.

Si cette hypothèse est exacte, elle apporte une justification nouvelle à la théorie des planètes jumelles et accroît l'harmonie dans la genèse du système solaire.

La pulvérisation d'un satellite de glace à la limite externe du système des Anneaux, doit donner progressivement naissance à un tore étroit de rayon : $r = 2{,}25$ R et non aux larges et minces disques équatoriaux observés. Mais il est facile de concevoir que chaque particule effectuant 10^{12} révolutions képlériennes par milliard d'années, les interactions exercées entre des milliards de fragments, engendrent une perte d'énergie cinétique se traduisant par une réduction des axes des orbites. On sait que les Anneaux ne sont pas immuables, mais qu'ils présentent des variations périodiques incessantes. Autrement dit, depuis 4.10^9 ans, les particules tombent lentement sur la planète, le gros du système s'étant déjà rapproché de la moitié de sa distance originelle. Dans quelques milliards d'années, les anneaux de Saturne, comme les Astéroïdes, auront cessé d'exister.

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau de l'Académie la *Connaissance des Temps ou des Mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an* 1956, publiée par le Bureau des Longitudes.

M. **Maurice de Broglie**, au nom de M. **Alexandre Dauvillier**, fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de celui-ci en deux volumes intitulé : *Les rayons cosmiques dans leurs rapports avec l'électricité atmosphérique, la météorologie, le géomagnétisme et l'astronomie.*

([6]) A. Dauvillier, *Arch. Sc. Phys. et Nat.* (Genève), 24, 1942, p. 5-24.

M. **Pierre Chevenard** fait hommage d'un Ouvrage de M. Daniel Séférian intitulé : *Les soudures. Technique-contrôle, soudabilité des métaux,* dont il a écrit la *Préface.*

PLIS CACHETÉS.

A la demande des auteurs, le pli cacheté accepté en la séance du 12 avril 1954 et enregistré sous le n° 13 322 est ouvert par M. le Président.

Le document qui en est retiré sera soumis à l'examen de la Section de physique générale.

CORRESPONDANCE.

Mme **Irène Joliot-Curie** et M. **Georges Chaudron** prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de chimie, par le décès de M. *Pierre Jolibois.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Collection de logique mathématique. Série A. V. *Applications scientifiques de la logique mathématique. Actes du 2e Colloque international de logique mathématique. Paris,* 25-30 *août* 1952. *Institut Henri Poincaré.*

2° Mémorial des sciences mathématiques. Fasc. 126. *Le mouvement brownien,* par M. Paul Lévy.

3° Mémorial des sciences physiques. Fasc. 57. *Conductibilité électrique des lames métalliques minces,* par André Blanc-Lapierre et Marcel Perrot.

4° Annales de l'Institut Henri Poincaré. Vol. XIII. Fasc. IV. *Considérations sur la théorie de la transmission de l'information et sur son application à certains domaines de la Physique,* par André Blanc-Lapierre.

5° *Cours de chimie industrielle,* par Georges Dupont. Tome V. *Industries organiques (suite).* Deuxième édition.

6° *Nouvelle Carte du Ciel,* par Robert Changeux.

7° *Les Conférences du Palais de la Découverte.* Série A, n°s 195 et 196.

8° International Council of scientific Unions. *Transactions of the international astronomical Union.* Vol. VIII. *Eighth general assembly held at Rome, 4 September to* 13 *September* 1952, edited by P. Th. Oosterhoff, General Secretary.

ALGÈBRE. — *Demi-groupes simples inversifs à gauche.*

Note de M. **Robert Croisot**, présentée par M. Gaston Julia.

Cette Note est destinée : 1° à montrer que les demi-groupes simples qui sont réunions de sous-demi-groupes simples à gauche coïncident avec les demi-groupes simples ayant au moins un idéal à gauche minimal ([1]) : 2° à donner, pour ceux de ces demi-groupes qui ne possèdent pas d'idempotent, un théorème de représentation à l'aide de certains demi-groupes d'applications d'un ensemble dans lui-même.

I. Les demi-groupes D qui sont réunions de leurs idéaux à gauche minimaux sont caractérisés par la condition :

(1) *Pour tout* $a \in \mathrm{D}$ *et tout* $b \in \mathrm{D}$, *on a* $a \in \mathrm{D}ba$.

Les demi-groupes D qui sont simples et qui sont réunions de demi-groupes simples à gauche sont caractérisés par la conjonction des deux conditions :

(2 *a*) *Pour tout* $a \in \mathrm{D}$ *et tout* $b \in \mathrm{D}$, *on a* $a \in \mathrm{D}b\mathrm{D}$

exprimant que D est simple ;

(2 *b*) *Pour tout* $a \in \mathrm{D}$, *on a* $a \in \mathrm{D}a^2$

exprimant que D est inversif à gauche, c'est-à-dire que D est réunion de demi-groupes simples à gauche ([2]).

Théorème 1. — *Une condition nécessaire et suffisante pour qu'un demi-groupe simple soit inversif à gauche est qu'il possède au moins un idéal à gauche minimal.*

Il est manifeste d'abord que (1) entraîne (2 *b*). Nous devons montrer que (2 *a*) et (2 *b*) impliquent (1). Soient, pour cela, *a* et *b* deux éléments quelconques d'un demi-groupe D vérifiant (2 *a*) et (2 *b*). D'après (2 *a*), nous pouvons trouver deux éléments x et y de D tels que l'on ait

$$a = x(ba)y, \quad \text{c'est-à-dire } a = (xb)ay.$$

D'après (2 *b*), il existe dans D un élément u satisfaisant à l'égalité

$$xb = u(xb)^2.$$

On en tire :

$$a = (xb)ay = u(xb)^2 ay = u(xb)a = (ux)ba, \qquad \text{d'où} \qquad a \in \mathrm{D}ba.$$

II. Lemme. — *Soient* D *un demi-groupe simple inversif à gauche sans idempotent et* $\mathcal{L}$ *l'ensemble de ses idéaux à gauche minimaux. Quels que soient* $d \in \mathrm{D}$ *et* $\mathrm{L} \in \mathcal{L}$, *l'ensemble* $d\mathrm{L}$ *est infini et a toujours la même puissance. Quels que soient* $d \in \mathrm{D}$, $u \in \mathrm{D}$ *et* $\mathrm{L} \in \mathcal{L}$, *l'ensemble* $u\mathrm{L} - u\,d\mathrm{L}$ *a même puissance que l'ensemble* $u\mathrm{L}$. *Par suite les ensembles de l'une des formes* $d\mathrm{D}$ *et* $u\mathrm{D} - u\,d\mathrm{D}$ *sont tous équipotents.*

$d\mathrm{L}$ qui est un sous-demi-groupe de D ne peut être fini sans posséder d'idem-

([1]) C'est-à-dire avec les demi-groupes qui sont réunions de leurs idéaux à gauche minimaux, *Cf.* S. Schwarz, *Tchec. Math. Journ.*, 1951, p. 41-53, th. 2.

([2]) *Cf.* R. Croisot, *Ann. Sc. de l'E. N. S.*, 1953, p. 361-379, th. 3.

potent. Si a et b sont deux éléments quelconques de D, il existe $c \in D$ tel que l'on ait $a = cba$; on en déduit que la puissance de $aL = cbaL$ est au plus égale à celle de baL, donc à plus forte raison à celle de bL. Si I et J sont deux éléments quelconques de $\mathcal{L}$ et i un élément de I, on a $I = Ji$ d'où $dI = dJi$; on en déduit que la puissance de dI est au plus égale à celle de dJ, La première affirmation du lemme en résulte facilement.

Soit K l'élément de $\mathcal{L}$ qui contient d. A chaque élément $ux \in uK$, associons un élément $x' \in L$ tel que l'on ait $x'ux = d$ d'où $ux'ux = ud$. L'ensemble $uX' = \{ux'\}_{ux \in uK}$ est en correspondance biunivoque avec l'ensemble uK car $ux' = uy'$ entraîne $ux = uy$ d'après (1); il vérifie $uX' \subseteq uL$ et $uX' \cap udL = 0$ car une égalité telle que $udlux = ud$ (avec $l \in L$) est impossible, aucun élément de D n'ayant d'unité à droite ($ba = b \Rightarrow baa = ba \Rightarrow aa = a$ d'après (1)). Ceci démontre la seconde affirmation du lemme.

Définition. — Étant donnés un ensemble E et une famille F d'équivalences définies sur E, la famille F sera dite *équilibrée* si l'ensemble des classes modulo $\mathcal{R}$ a même puissance $\mathfrak{T}$ quelle que soit $\mathcal{R} \in F$ et s'il existe un sous-ensemble E' de E de puissance $\mathfrak{T}$ tel que, quelle que soit R, deux éléments quelconques de E' ne soient pas congrus modulo $\mathcal{R}$. On dira que $\mathfrak{T}$ est la *puissance* de F et qu'un ensemble tel que E' est *bien réparti* relativement à F.

THÉORÈME 2. — *Soient* E *un ensemble et* $F = \{\mathcal{R}_\iota\}_{\iota \in I}$ *une famille équilibrée d'équivalences définies sur* E, *la puissance* $\mathfrak{T}$ *de* F *étant infinie. Considérons les ensembles* A_ι *d'applications de* E *dans* E *définis par* $\alpha \in A_\iota \Leftrightarrow a.\, x \equiv y(\mathcal{R}_\iota) \Leftrightarrow \alpha(x) = \alpha(y)$;

$b.\, \alpha(E)$ *est inclus dans un sous-ensemble* E' *de* E *bien réparti relativement à* F, *le complémentaire de* $\alpha(E)$ *dans* E' *étant de puissance* $\mathfrak{T}$.

La réunion R *des ensembles* A_ι *est, par rapport à la multiplication des applications, un demi-groupe simple inversif à gauche sans idempotent dont les* A_ι *sont les idéaux à gauche minimaux.*

Réciproquement, tout demi-groupe D *simple inversif à gauche sans idempotent est isomorphe à un sous-demi-groupe d'un demi-groupe tel que* R, *deux idéaux à gauche minimaux distincts de* D *étant représentés dans deux idéaux à gauche minimaux distincts de* R.

La proposition directe se vérifie sans difficulté. Pour établir la réciproque, considérons un demi-groupe D simple inversif à gauche sans idempotent dont $\mathcal{L} = \{L_\iota\}_{\iota \in I}$ est l'ensemble des idéaux à gauche minimaux. Soient E l'ensemble obtenu en adjoignant à D un ensemble $\{s_\iota\}_{\iota \in I}$ équipotent à $\mathcal{L}$ et un élément supplémentaire s_0. Soit $F = \{\mathcal{R}_\iota\}_{\iota \in I}$ la famille d'équivalences définies sur E par

$$x \equiv y(\mathcal{R}_\iota) \Leftrightarrow x = y = s_\iota \quad \text{ou} \quad \{x, y\} \subseteq \{s_0, s_{\iota'}\}_{\iota' \neq \iota}$$
$$\text{ou} \quad (\text{pour } x, y \in D) \quad \exists a \in L_\iota \quad \text{avec} \quad ax = ay.$$

On voit que la famille F est équilibrée, sa puissance étant celle des ensembles dD

du lemme et les ensembles $dD \cup \{d, s_0\}$ étant bien répartis relativement à elle. Envisageons alors les ensembles A_ι d'applications de E dans E obtenus à partir de E et F comme dans la proposition directe; ils sont tous distincts et on vérifie sans peine, en utilisant le lemme, que les applications δ définies pour chaque élément $d \in L_\iota$ par

$$\delta : x \to d.x, s_\iota \to d, \{s_0, s_{\iota'}\}_{\iota' \neq \iota} \to s_0$$

appartiennent à A_ι. L'ensemble formé par les applications δ lorsque d décrit D tout entier est un sous-demi-groupe R′ de R [pour lequel tous les ensembles $R' \cap A_\iota$ sont non vides et vérifient l'existence des quotients à gauche, condition d'ailleurs suffisante pour que R′ satisfasse à (1)] et on voit que la correspondance entre d et δ est un isomorphisme.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'impossibilité de la multiplication des distributions.* Note (*) de M. **Laurent Schwartz**, présentée par M. Jacques Hadamard.

On sait que la multiplication de deux distributions arbitraires est impossible. Or les physiciens désireraient utiliser des produits tels que $\delta\delta$, $\delta\delta'$.... Nous allons montrer qu'on ne peut, dans aucune théorie, avoir à la fois une multiplication, une dérivation, et un élément δ.

Lemme 1. — *Soit* E *un espace vectoriel sur le corps des nombres réels, dont un sous-espace vectoriel soit l'espace* F_0 *des fonctions réelles continues d'une variable réelle. Il n'existe pas de multiplication partout définie sur* E, *opération bilinéaire associative (non nécessairement commutative), coïncidant sur* F_0 *avec la multiplication usuelle, admettant la fonction* 1 *comme élément unité, et telle qu'en outre existent deux éléments* x^{-1} *et* δ *vérifiant :*

$$x^{-1}.x = 1; \qquad x\delta = 0; \qquad \delta \neq 0. \tag{1}$$

En effet on en déduirait $0 = x^{-1}(x\delta) = (x^{-1}.x)\delta = \delta$, en contradiction avec les hypothèses.

Lemme 2. — *Soit* E *est un espace vectoriel contenant* F_0, *muni d'une multiplication, opération bilinéaire associative induisant sur* F *la multiplication usuelle et admettant la fonction* 1 *pour unité, et d'une dérivation* D, *opération linéaire coïncidant avec la dérivation usuelle sur le sous-espace* F_1 *de* F_0 *constitué par les fonctions continuement différentiables, et satisfaisant à la règle de dérivation du produit*

$$D(XY) = (DX)Y + X(DY). \tag{2}$$

Alors l'élément $D^2 f$, *où* f *est la fonction* $x(\log|x| - 1)$, *est un inverse de* x :

$$(D^2 f).x = x(D^2 f) = 1. \tag{3}$$

(*) Séance du 27 septembre 1954.

[Remarquons qu'en théorie des distributions (¹), $Df = \log|x|$, et $D^2 f = vp(1/x)$]. En effet D satisfait non seulement à la formule (2) mais à la formule plus générale de Leibnitz :

(4) $$D^m(XY) = \sum_{n \leq m} \binom{m}{n} D^n X\, D^{m-n} Y.$$

On a en particulier

(5) $$(D^2 f)\, x = D^2(fx) - 2\, Df\, Dx - f\, D^2 x = D^2(fx) - 2\, Df.$$

Mais fx est une fonction continûment différentiable, donc $D(fx)$ est la dérivée usuelle $2f + x$, donc $D^2(fx) = 2\, Df + 1$, donc (5) entraîne (3).

Théorème. — *Dans un espace vectoriel* $E \supset F$, *muni d'une multiplication et d'une dérivation vérifiant les conditions indiquées dans le lemme 2, il n'existe pas d'élément* $\delta \neq 0$ *vérifiant* $x\delta = 0$.

En effet, en posant $x^{-1} = D^2 f$, avec $f = x(\log|x| - 1)$, il suffit d'appliquer le lemme 1 en tenant compte de (3).

Remarque. — Dans E, on a

(6) $$x(D^2|x|) = 0.$$

(Dans la théorie des distributions, $D^2|x| = 2\delta$). En effet, en appliquant la formule de Leibnitz

(7) $$x(D^2|x|) = D^2(x|x|) - 2D|x|.$$

Mais $x|x|$ est continûment différentiable, donc $D(x|x|) = 2|x|$, et $D^2(x|x|) = 2D|x|$, donc (7) donne (6). Le théorème montre donc que dans E on a nécessairement $D^2|x| = 0$. Ainsi $|x|$ est un élément de dérivée seconde nulle, et qui n'est cependant pas un polynome de degré ≤ 1 ; d'où

Corollaire. — *Dans* E *il existe un élément de dérivée nulle qui n'est pas une fonction constante.*

Sans quoi en effet tout élément de dérivée seconde nulle serait une fonction linéaire.

Conclusion. — Dans l'espace vectoriel F_0 lui-même, la multiplication est toujours possible, mais non la dérivation (et il n'y a pas d'élément δ). Dans l'espace des distributions, la dérivation est toujours possible, et il y a un élément δ, mais la multiplication n'est pas toujours possible. (Je ne connais pas d'exemple de multiplication et dérivation toujours possibles, même avec $\delta = 0$). Mais on ne peut exiger à la fois multiplication, dérivation et élément δ. De toute façon le lemme 1 montre déjà qu'on ne peut à la fois utiliser δ et δ^+ [qui fait intervenir $vp(1/x) = x^{-1}$] et vouloir une multiplication toujours définie.

(¹) *Voir* notre *Théorie des distributions*, Paris, Hermann, 1, 1950, p. 115.

ÉQUATIONS AUX DÉRIVÉES PARTIELLES. — *L'inégalité de Friedrichs et Lewy pour les équations hyperboliques linéaires d'ordre supérieur.* Note (*) de M. **Lars Gårding**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans ses leçons récentes (¹) sur les équations hyperboliques d'ordre supérieur, M. Jean Leray a découvert certaines intégrales d'énergie pour ces équations qui lui permettent d'obtenir une théorie assez complète du problème de Cauchy. Nous allons donner ici une variante simple de sa méthode fournissant une généralisation directe de l'inégalité de MM. Friedrichs et Lewy (²).

Soit $a = \sum_{|\alpha| \leqq m+1} a_\alpha(x) D^\alpha [D^\alpha = (\partial/\partial x_1)^{\alpha_1} \ldots (\partial/\partial x_n)^{\alpha_n};\ |\alpha| = \alpha_1 + \ldots + \alpha_n]$, un opérateur différentiel défini dans un ouvert $\mathcal{O}$ de l'espace réel à n dimensions, dont les coefficients a_α avec $|\alpha| = m+1$ sont de la classe C^1 et les autres continus. A la partie principale $\hat{a} = \sum_{|\alpha| = m+1} a_\alpha(x) D^\alpha$ de a nous faisons correspondre la forme homogène $\hat{a}(x, \eta) = \sum_{|\alpha| = m+1} a_\alpha(x) \eta_1^{\alpha_1} \ldots \eta_n^{\alpha_n}$ définie dans l'espace vectoriel Ω de tous les $\eta = (\eta_1, \ldots, \eta_n)$ réels. Si chaque droite dans Ω ayant la direction ξ et ne passant pas par l'origine, coupe la surface $\hat{a}(x, \eta) = 0$ en $m+1$ points réels distincts, nous disons que a est régulièrement hyperbolique par rapport à ξ au point x. Il est clair que les $m+1$ feuilles de la surface réelle $\hat{a}(x, \eta) = 0$ divisent Ω en $m+2$ parties connexes. La partie $\Gamma(a, x, \xi)$ contenant ξ est un cône ouvert convexe. Nous supposons qu'en tout point x de $\mathcal{O}$, a est régulièrement hyperbolique par rapport à un $\xi = \xi(x)$ de la classe C^1. En remplaçant a par $\hat{a}(x, \xi)^{-1} a$, nous pouvons supposer, sans restreindre la généralité, que les coefficients de $\hat{a}$ sont réels.

Nous disons qu'une surface S de la classe C^1 dans $\mathcal{O}$ a une orientation d'espace si sa normale en chaque point x de S appartient à $\Gamma = \Gamma(a, x, \xi)$ ou à $-\Gamma$. Soit S^0_λ la surface parabolique $x_1 = \lambda(1 - x_2^2 - \ldots - x_n^2)$, $x_2^2 + \ldots + x_n^2 \leqq 1$, et soit L^0 l'ensemble des S^0_λ pour $0 \leqq \lambda \leqq 1$. Une lentille L de la classe C^k $(k \geqq 1)$, est par définition l'image $L = \varphi(L^0)$ de L^0 par une homéomorphie φ de la classe C^k d'un voisinage de L^0 sur un ouvert de $\mathcal{O}$, dont tous les membres $S_\lambda = \varphi(S^0_\lambda)$ ont une orientation d'espace. Il est clair qu'on peut construire des lentilles de la classe C^k dont un membre est contenu dans une surface connexe donnée S et contient une partie compacte donnée de S, pourvu que S ait une orientation d'espace et soit de la classe C^k.

(*) Séance du 27 septembre 1954.

(¹) *The Institute for Advanced Study*, Princeton N. J., 1954.

(²) *Math. Ann.*, 98, 1928, p. 192.

Soit T_λ la partie $\bigcup_{\lambda \leq \mu} S_\mu$ de L et posons

$$(u, u)_m^{S_\lambda} = \int_{S_\lambda} \sum_{|\alpha| \leq m} |D^\alpha u|^2 dS_\lambda \quad \text{et} \quad (u, u)_m^{T_\lambda} = \int_{T_\lambda} \sum_{|\alpha| \leq m} |D^\alpha u|^2 dx.$$

On a le théorème fondamental suivant :

THÉORÈME. — *Soit u une fonction de la classe* C^{m+1} *dans une lentille* L *de la classe* C^m. *Alors il existe une constante* $c = c(a, L) > 0$, *indépendante de u et de* λ, *telle que, pour tout* λ,

$$c(u, u)_m^{S_\lambda} \leq (u, u)_m^{S_0} + (au, au)_0^{T_\lambda}.$$

Le point de départ de la démonstration est l'existence d'une identité de la forme

$$\int_{T_\lambda} \mathcal{R}\, au\, \overline{bu}\, dx = \int_{S_\lambda} A_\lambda(u, u)\, dS_\lambda - \int_{S_0} A_0(u, u)\, dS_0 + \int_{T_\lambda} B(u, u)\, dx,$$

où b est un opérateur différentiel d'ordre m, réel et homogène, dont les coefficients sont de la classe C^1 dans L, et A_λ et B sont des formes hermitiennes des $D^\alpha u$ avec $|\alpha| \leq m$. Si l'on choisit b hyperbolique et tel que les feuilles de la surface $b(x, \eta) = 0$ séparent celles de la surface $\mathring{a}(x, \eta) = 0$, la forme A_λ a certaines propriétés de positivité qui permettent de déduire le théorème. Je dois l'idée d'un tel choix de b à M. Leray, qui l'utilise d'une autre manière. Comme l'a fait J. Schauder [3] pour $m = 1$, on peut déduire de (1) une théorie du problème de Cauchy pour les équations et les systèmes hyperboliques, même non linéaires.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les* R-*espaces*. Note (*) de M. **JACQUES TITS**, présentée par M. Jean Leray.

On précise un résultat énoncé dans une Note précédente, et l'on étudie une catégorie d'applications des R-espaces dans des espaces projectifs.

Les R-espaces ont été définis dans une Note antérieure [1] dont nous poursuivrons ici la numérotation, et dont nous conserverons les notations. Les numéros renvoient à cette Note.

---

(3) *Fund. Math.*, **24**, 1935, p. 213-246.

(*) Séance du 4 octobre 1954.

(1) *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 466. Nous avons consacré à l'étude des R-espaces une partie d'un Mémoire déposé à la Faculté des Sciences de l'Université de Bruxelles le 14 mai 1954, et qui sera publié ultérieurement. Des recherches indépendantes de A. Borel et A. Weil ont conduit ces auteurs à des résultats recouvrant partiellement les nôtres (cf. *Séminaire Bourbaki*, mai 1954, exposé de J. P. Serre : plus particulièrement le théorème 3 qui est à rapprocher de la proposition du n° 5.1 de la présente Note).

4. Parmi les conséquences des propositions du n° 2 énoncées au n° 3, nous avons indiqué que l'intersection de deux α_5-plans distincts quelconques de l'espace $E = E_6[\alpha_1]$ est un point, une V_1, une V_2, une V_3 ou une V_4^m. On peut, par application des propositions 2.1 et 2.2, obtenir un résultat plus précis, à savoir, que l'intersection de deux α_5-plans est toujours un point ou une V_4^m. En effet, il résulte des propositions en question que les α_5-plans qui contiennent une V_1 donnée δ sont représentés par les points d'un espace projectif à quatre dimensions, une droite de cet espace représentant l'ensemble des α_5-plans qui contiennent une V_4^m donnée passant par δ. Notre affirmation exprime alors simplement le fait que dans cet espace projectif, deux points appartiennent toujours à une même droite.

5. *Plongements des* R-*espaces dans des espaces projectifs.* — 5.1. Soient $G[\Pi]$ un R-espace donné et f une application biunivoque analytique (complexe) de $G[\Pi]$ sur une sous-variété V d'un espace projectif complexe P, telle que toute transformation de V qui est l'image par f d'un élément g de G, considéré comme une transformation de $G[\Pi]$, s'étende en une projectivité γ de P. Supposons en outre que V ne soit contenue dans aucune sous-variété linéaire propre de P; alors, γ est parfaitement déterminée par g et l'application $\varphi : g \rightarrow \gamma$ est un homomorphisme de G dans le groupe des projectivités de P, c'est-à-dire une représentation projective de G, que nous désignerons par f_G.

Étant donné un homomorphisme analytique φ *d'un groupe semi-simple complexe connexe* G *dans le groupe des projectivités d'un espace projectif complexe* P, *la condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe un* R-*espace de la forme* $G[\Pi]$ *et une application* f *de cet espace dans* P *jouissant des propriétés énoncées plus haut et telle qu'on ait* $\varphi = f_G$, *est que* φ *soit irréductible. Lorsqu'il en est ainsi,* Π *et* f *(donc aussi* V*) sont univoquement déterminés par* φ; *en particulier, si* ρ *est le poids dominant* ([2]) *de la représentation* φ Π *se compose de toutes les racines simples* α_i *telles que* $(\rho, \alpha_i) \neq 0$, *où* (x, y) *est la forme bilinéaire de Cartan de* G.

Il résulte de la proposition précédente et de la théorie des représentations linéaires des groupes semi-simples ([3]) que f est déterminée à une projectivité près par ρ ou ce qui revient au même, par les entiers $a_i = 2(\rho, \alpha_i)/(\alpha_i, \alpha_i)(\alpha_i \in \Pi)$, qui peuvent prendre indépendamment, pour les divers f, toutes les valeurs entières positives. Dans la suite, nous associerons à f le schéma numéroté obtenu à partir de la figure de Schläfli de G en indiquant auprès de chaque sommet représentant une racine simple $\alpha_i \in \Pi$, la valeur de l'entier a_i correspondant.

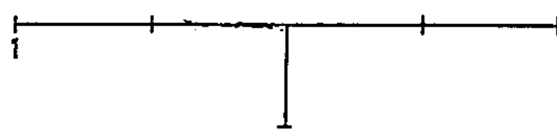
([2]) Les poids dominants des représentations et les racines simples α_i doivent être définis à partir d'une même sous-algèbre de Cartan et d'une même relation d'ordre dans cette sous-algèbre.

([3]) É. Cartan, *Bull. Soc. Math. Fr.*, 41, 1913, p. 53-96; E. Dynkin, *Mat. Sbornik*, 30, (72), 1952, p. 353.

5.2. Considérons à présent dans G[Π] un Π′-plan donné ϖ (cf. n° 1), et soit P′ la sous-variété linéaire de P sous-tendue par l'image de ϖ dans *f*. ϖ est un R-espace (*cf.* n° 2.1) et la restriction *f′* de *f* à ϖ, considérée comme application de ϖ dans P′, jouit de toutes les propriétés de l'application *f* énoncées au début du n° 5.1.

Le schéma numéroté associé à f′ s'obtient en retirant du schéma numéroté associé à f les sommets correspondant aux racines simples appartenant à Π′ (*et en supprimant éventuellement du schéma ainsi obtenu, les composantes connexes dont aucun sommet n'est numéroté*).

5.3. *Exemple.* — Reprenons les notations du n° 3. L'espace E peut être appliqué dans un espace projectif à 26 dimensions au moyen d'une application *f* dont le schéma numéroté associé est



Les images par *f* des Π′-plans de E, avec $\Pi' = \alpha_5, \alpha_2, \alpha_3, \{\alpha_4, \alpha_6\}, \alpha_4, \{\alpha_5, \alpha_6\}, \alpha_6$, sont respectivement des hyperquadriques à huit dimensions et des variétés linéaires à une, deux, trois, quatre, quatre et cinq dimensions.

GÉOMÉTRIE. — *Déformabilité des calottes convexes à bande sphérique de bord.* Note (*) de M. **Édouard Rembs**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. La théorie de la déformabilité (isométrique) en grand des surfaces convexes qui au début se bornait aux surfaces fermées, c'est-à-dire aux ovaloïdes, a été complétée déjà par diverses recherches sur les surfaces à bords. Deux problèmes sont à séparer en tous cas, la question de la rigidité infinitésimale, en bref « rigidité » et celle de la définition unique par l'élément linéaire. Aucune de ces deux propriétés ne résulte de l'autre sans considérations ultérieures. Des méthodes spéciales sont à employer pour chacune d'elles.

Les problèmes diffèrent de plus par les conditions supplémentaires qu'on impose aux lignes ou aux bandes de bord. Pour abréger nous considérons des surfaces à un bord seulement. Les suivantes conditions de bande seront discutées. La bande de bord pouvant être : *a.* plane; *b.* cylindrique; *c.* conique; *d.* sphérique; c'est-à-dire située dans un plan, sur un cylindre, un cône ou une sphère.

Quant au cas *a*, la rigidité (1) et la définition unique (2), (3), (4) sont prou-

(*) Séance du 27 septembre 1954.

(1) E. Rembs, *Ber. d. Akad. d. Wiss.*, Berlin, 1930, p. S 123-133.

(2) J. J. Stoker, *Commun. on Pure a. Appl. Math.*, 3, 1950, p. 231-257.

(3) K. P. Grotemeyer, *Math. Z.*, 55, 1952, p. 253-268.

(4) E. Rembs, *Math. Z.*, 56, 1952, p. 271-279.

vées, d'ailleurs pour un nombre quelconque de bords à bandes planes. Le théorème de la définition unique exprime que deux surfaces convexes isométriques dont *l'une* a des bandes planes de bord seulement sont nécessairement congruentes ou symétriques. Par cela le cas *a* peut être opposé aux trois autres cas, où il faut exiger que la condition de bord subsiste à la déformation infinitésimale ou plutôt soit valable aussi pour la deuxième surface isométrique à la première.

Le cas *b* de la bande cylindrique fut traité comme celui d'une calotte convexe dont le bord est limite d'ombre pour une lumière parallèle. Ce n'est évidemment qu'une autre expression. Une telle calotte est rigide, quand la condition de bord doit subsister (4). Deux calottes convexes isométriques qui possèdent cette qualité de bord sont congruentes ou symétriques (5), (6).

Dans le cas *c* aussi la rigidité est prouvée sous la condition que la bande de bord retienne sa qualité (7), (8). Mais quant à la question si deux calottes convexes isométriques à bandes coniques de bord sont congruentes ou symétriques, rien de définitif n'est connu.

Pour le cas *d*, au contraire, la congruence ou la symétrie sont prouvées, si deux calottes convexes sont isométriques et possèdent des bandes sphériques de bord (3), (6), mais seulement s'il n'y a pas de plans tangents aux surfaces par les centres des sphères sur lesquelles les bandes en question sont situées, ou au plus un seul plan quand le centre est situé sur la surface elle-même. Précisément sous cette condition je prouve ici la rigidité (infinitésimale), si la bande de bord reste sphérique.

2. Soit la sphère sur laquelle la bande de bord est située de rayon 1 et de centre à l'origine et soit r le rayon vecteur de la surface, n le vecteur unitaire de sa normale. Pour le bord on peut supposer que $r = n$. Nous discutons la déformation infinitésimale $r \rightarrow r + tz$, t paramètre, z vecteur de vitesse de la déformation. Soit y le vecteur de rotation. Alors nous avons pour n la relation de changement, $n \rightarrow n + t(y \wedge n)$, pour le bord donc, $n \rightarrow r + t(y \wedge r)$. La bande de bord doit rester sphérique, après la déformation elle est donc située sur une sphère, de rayon $1 + \lambda t$, $\lambda = \text{const.}$ en négligeant les termes d'ordre > 1, et le centre de cette sphère aussi peut être supposé à l'origine. Alors au bord le rayon vecteur étant $r + tz$ et le vecteur nouveau de la normale $r + t(y \wedge r)$ on a la relation

$$r + tz = (1 + \lambda t)(r + t(y \wedge r)) \qquad \text{ou} \qquad z = \lambda r + y \wedge r.$$

En introduisant le vecteur de translation (Verschiebungsvektor) $v = z - y \wedge r$, la condition de bord s'écrit de la manière simple $v = \lambda r$.

(5) K. P. Grotemeyer, *Math. Z.*, 58, 1953, p. 272-280.
(6) S. Gohier, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1859.
(7) E. Rembs, *Math. Ann.*, 127, 1954, p. 251-254.
(8) E. Rembs, *Arch. d. Math.*, 6, 1953, p. 366-368.

Alors nous pouvons utiliser la formule de Blaschke pour les déformations infinitésimales qui s'écrit

$$2\int(\alpha\delta-\beta\gamma)(rn)\,dO=\oint(ry\,dy),$$

$\alpha\delta-\beta\gamma$ étant négatif ou nul pour les surfaces convexes, et $\alpha\delta-\beta\gamma=0$ sur toute la surface convexe signifiant que la déformation est « triviale » (mouvement infinitésimal seulement). Pour employer cette formule transformons encore l'intégrale de bord d'une manière aussi utile dans d'autres cas. On a

$$\oint z\,dy=-\oint y\,dz=0,$$

à cause de $dz=y\wedge dr$ et alors

$$\oint(ry\,dy)=\oint(z+r\wedge y)\,dy=\oint v\,dy.$$

Mais ici $v\,dy=0$ au bord, parce que $v=\lambda r$ et $r=n$, car dy est situé, comme on sait, dans le plan tangent de la surface. Donc il suit $\alpha\delta-\beta\gamma=0$ sur toute la surface; la déformation est triviale. La supposition sur le centre de la sphère (comparer le cas *d*) peut être levée [*cf.* remarques faites en (7), (8)], parce que la bande de bord de la surface avec rayon vecteur v [(9), Verschiebungsriss de M. R. Sauer] est aussi sphérique.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une généralisation d'une inégalité de M. Kolmogoroff.* Note (*) de M. **Tchaslav Stanoyevitch**, transmise par M. Maurice Fréchet.

Cette Note, se rapporte à l'inégalité de M. Kolmogoroff sur l'estimation de la probabilité de l'union d'événements indépendants (1). Le lemme s'obtient par la substitution à un nombre ε d'une suite de nombres réels positifs, ε_ν. En même temps, le théorème déduit de cette estimation représente une généralisation d'un théorème de M. Cantelli, et une nouvelle version de la loi forte des grands nombres.

Lemme. — *Soit*

$$\{X_\nu\}\qquad(\nu=1,2,\ldots,n)$$

une suite de variables aléatoires indépendantes, telles que

$$M(X_\nu)=0\qquad(\nu=1,2,\ldots,n)$$

(9) G. Darboux, *Théorie générale des surfaces*, 4, p. 66.

(*) Séance du 27 septembre 1954.

(1) *Voir* par exemple : M. Fréchet, *Recherches théoriques modernes sur le calcul des probabilités*, Ier livre, 2e édit., Paris, 1950, p. 148.

et soit

$$\{\varepsilon_\nu\} \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n)$$

une suite de nombres réels positifs.

Posons

$$M(X_\nu^2) = b_\nu \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n),$$
$$S_\nu = X_1 + X_2 + \ldots + X_\nu \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n).$$

Alors, on a

$$\operatorname{Prob}\left\{\bigcup_1^n (|S_\nu| \geq \varepsilon_\nu)\right\} \leq \frac{\sum_{\nu=1}^n b_\nu}{\operatorname{Min}_{1 \leq \nu \leq n} \varepsilon_\nu^2} \left(\leq n \frac{\operatorname{Max}_{1 \leq \nu \leq n} \varepsilon_\nu^2}{\operatorname{Min}_{1 \leq \nu \leq n} \varepsilon_\nu^2} \frac{\sum_{\nu=1}^n b_\nu}{\sum_{\nu=1}^n \varepsilon_\nu^2} \right).$$

L'estimation

$$n \frac{\operatorname{Max}_{1 \leq \nu \leq n} \varepsilon_\nu^2}{\operatorname{Min}_{1 \leq \nu \leq n} \varepsilon_\nu^2} \frac{\sum_{\nu=1}^n b_\nu}{\sum_{\nu=1}^n \varepsilon_\nu^2}.$$

est moins précise, mais plus commode pour la démonstration du théorème que l'estimation

$$\frac{\sum_{\nu=1}^n b_\nu}{\operatorname{Min}_{1 \leq \nu \leq n} \varepsilon_\nu^2}.$$

Dans le cas

$$\varepsilon_\nu = \text{const.} = \varepsilon > 0 \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n)$$

notre résultat se réduit à l'inégalité connue de M. Kolmogoroff.

THÉORÈME. — *Supposons remplies les conditions et les notations du lemme, et de plus*

$$\varepsilon_1 > \varepsilon_2 > \varepsilon_3 > \ldots > \varepsilon_n \to 0 \qquad (n \to \infty);$$
$$\varepsilon_n < \sqrt{2}\, \varepsilon_{n-1}$$

pour chaque entier n.

Alors, si la série

$$(1) \qquad \sum_{n=1}^{\infty} \frac{b_n}{n^2 \varepsilon_n^2}$$

est convergente, il s'ensuit que

$$(2) \qquad \operatorname{Prob}\left\{\limsup_{n \to \infty} \frac{|S_n|}{n \varepsilon_n} \leq 1\right\} = 1.$$

On peut donc écrire

$$(3) \qquad \operatorname{Prob}\left\{\frac{S_n}{n} = O(\varepsilon_n)\right\} = 1.$$

Dans le cas

$$\varepsilon_n = \text{const.} = \varepsilon > 0 \qquad (n = 1, 2, \ldots),$$

la conclusion (3) se réduit à la formule de M. Kolmogoroff.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Propriétés générales des transformations de Reynolds*. Note (*) de Mme **Marie-Louise Dubreil-Jacotin**, présentée par M. Henri Villat.

Dans cette Note, nous étendons à des fonctions tout à fait générales les résultats exposés dans deux Notes antérieures ([1]) relatifs aux fonctions ne prenant qu'un nombre fini de valeurs.

Nous appellerons encore $\mathcal{R}$ l'ensemble de fonctions considéré définies sur un ensemble E. Nous appellerons $\mathcal{K}$ l'ensemble dans lequel les fonctions f de $\mathcal{R}$ prennent leurs valeurs. $\mathcal{K}$ sera supposé ici être un domaine d'intégrité (d'éléments neutres o et 1 pour l'addition et la multiplication) ordonné en treillis d'une manière isotone par rapport à l'addition, avec $0 < 1$. Nous supposons que $\mathcal{R}$ est un groupe additif admettant $\mathcal{K}$ comme domaine d'opérateurs; que $\mathcal{R}$ contient : la fonction $e\,[e(x) = 1$ pour tout $x \in E]$, les fonctions caractéristiques C_A des parties A de E que nous utiliserons dans la suite ainsi que leurs combinaisons linéaires à coefficients dans $\mathcal{K}$ (dénombrables ou non) relatives aux classes d'une même partition, enfin les produits de fonctions que nous ferons intervenir. $\mathcal{R}$ est ordonné par $f \leqq g \rightleftharpoons f(x) \leqq g(x)$ pour tout $x \in E$.

Nous appellerons transformation de Reynolds T, si elle existe, une application de $\mathcal{R}$ dans $\mathcal{R}$ vérifiant :

$$(T_1) \qquad T(f+g) = Tf + Tg,$$

$$(T_2) \qquad T(\lambda e) = \lambda e \qquad (\lambda \in \mathcal{K}),$$

$$(T_3) \qquad T(f.Tg) = Tf.Tg,$$

$$(T_4) \qquad f \leqq g \rightarrow Tf \leqq Tg,$$

et nous nous proposons d'indiquer ici certaines propriétés nécessaires de la transformée Tf d'une $f \in \mathcal{R}$.

Rappelons encore que $A \subset E$ est dit T-idempotent ou T-annulant si et seulement si $TC_A = C_A$ ou $TC_A = 0$.

Définitions. — 1° A sera dit *quasi*-T-*idempotent* s'il est la réunion d'un T-idempotent et d'un T-annulant disjoints. (Il est trivial qu'une telle décomposition d'un quasi-T-idempotent est unique.)

2° Une partition de E est dite *quasi*-T-*idempotente* si toutes ses classes sont des quasi-T-idempotents.

(*) Séance du 4 octobre 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1136 et 1950.

THÉORÈME. — *La partition $\pi(f)$ d'une fonction f telle que $T(f)=f$ est quasi-T-idempotente.*

Soit en effet A une classe quelconque de $\pi(f)$; on a

$$T(fC_A)=T(Tf.C_A)=Tf.TC_A=f.TC_A.$$

Mais, sur A, f a la valeur constante λ_A et

$$T(\lambda_A C_A)=T(\lambda_A e.C_A)=T(T(\lambda_A e).C_A)=\lambda_A e.TC_A$$

d'où $(f-\lambda_A e)TC_A=0$. Or, sur $E-A$, $f-\lambda_A e$ est différent de zéro; on a par suite, les fonctions prenant leurs valeurs dans un domaine d'intégrité, $TC_A=0$, c'est-à-dire $TC_A=C_A.TC_A$. Le théorème résulte alors du

LEMME. — *Tout sous-ensemble X de E tel que $TC_X=C_X TC_X$ est la réunion d'un T-idempotent et d'un T-annulant disjoints* [2].

Remarquons que, si une fonction f a sa partition $\pi(f)$ quasi-T-idempotente, sur le sous-ensemble X_f de E réunion des classes dont la composante T-idempotente n'est pas nulle, on a $Tf=f$.

THÉORÈME. — *L'intersection Θ d'une famille quelconque de partitions quasi-T-idempotentes est une partition quasi-T-idempotente.*

En effet, une classe quelconque A de Θ est l'intersection de toutes les classe A_α la contenant dans toutes les partitions de la famille. Soit $x\in E-A$. Il existe un A_α tel que $x\notin A_\alpha$. On a $0\leqq C_A\leqq C_{A_\alpha}$, donc $0\leqq TC_A\leqq TC_{A_\alpha}$ et comme A_α est un quasi-T-idempotent, $TC_{A_\alpha}=0$ pour $x\notin A_\alpha$ et $TC_A=C_A TC_A$; le théorème résulte alors du lemme.

DÉFINITION. — Nous appellerons *partition attachée à $\mathcal{R}$ et* T, Θ_T, l'intersection des partitions de toutes les fonctions f telles que $Tf=f$.

THÉORÈME. — *Les classes de Θ_T sont des T-annulants ou des idempotents.*

Soit $A\in\Theta_T$; d'après le théorème précédent, $A=A^*+A'$ avec $A^*\cap A'=\emptyset$, $TC_{A^*}=C_{A^*}$, $TC_{A'}=0$. Supposons $A^*\neq\emptyset$ alors, $f=TC_{A^*}$ vérifiant $Tf=f$ est constant sur A. On a donc $C_A=C_{A^*}$, $A=A^*$ et $A'=\emptyset$.

DÉFINITION. — T *est régulière si Θ_T est une partition T-idempotente.*

Dans ce cas, les T-idempotents forment le sous-treillis de $\mathfrak{P}(E)$, atomique et complet, engendré par les classes Θ_T qui sont ses points.

DÉFINITION. — T *est irrégulière si Θ_T n'est pas T-idempotente.*

Alors $\mathcal{A}=\bigcup A^*$, A^* classes T-idempotentes de Θ_T, n'est pas égal à E. Comme $TC_{\mathcal{A}}=1$ sur $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}=E-\mathcal{A}$ vérifie $TC_{\mathcal{B}}=C_{\mathcal{B}}TC_{\mathcal{B}}$ et $\mathcal{B}$ est union d'un T-annulant $\mathcal{B}_1$ et d'un T-idempotent $\mathcal{B}_2$ disjoints, comme dans le cas des fonctions ne prenant qu'un nombre fini de valeurs.

Remarques. — 1. Pour exclure les transformations irrégulières, il faudrait renforcer les conditions T_1-T_4. On pourrait, par exemple, renforcer T_1 par

(2) Ce lemme est démontré dans la deuxième des Notes citées plus haut; la démonstration ne suppose pas que les fonctions ne prennent qu'un nombre fini de valeurs.

$T(\Sigma C_A) = \Sigma TC_A (= e)$, les A décrivant une partition de E telle que le deuxième membre ait un sens; on pourrait aussi remplacer T_4 par : $f < g \rightarrow Tf < Tg$ (³).

2. Il est trivial de construire effectivement des transformations T régulières. Par exemple, si $\mathcal{R}$ est l'anneau de toutes les fonctions définies sur E, Θ une partition quelconque de E, a_α un point choisi arbitrairement dans chaque classe A_α de Θ, la transformation $f \rightarrow Tf = \Sigma f(a_\alpha) C_{A_\alpha}$.

La construction d'une transformation T irrégulière est beaucoup moins immédiate (⁴).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Nouvelles propriétés des transformations de Reynolds.* Note (*) de M. **Jean Arbault**, présentée par M. Henri Villat.

Dans cette Note, nous retrouvons les résultats de la Note précédente de Mme M. L. Dubreil-Jacotin et les complétons par une méthode en quelque sorte inverse, mais qui utilise un léger renforcement des hypothèses.

Nous nous plaçons dans les mêmes conditions que Mme Dubreil-Jacotin dans la Note précédente mais supposons toutefois totalement ordonné le domaine d'intégrité $\mathcal{K}$ sur lequel les fonctions considérées prennent leurs valeurs.

Rappelons le lemme suivant indiqué dans la Note citée ci-dessus :

Lemme 1. — *Un ensemble* A *est quasi* T-*idempotent si et seulement si* $TC_A = C_A TC_A$.

Par passage aux complémentaires, on voit aisément que :

Lemme 2. — *Un ensemble* A *est la différence d'un* T-*idempotent et d'un* T-*annulant (ensembles* T-*réduisants de G. Birkhoff) si et seulement si* $C_A = C_A T C_A$.

Transformations d'un ensemble quelconque. — Soit A tel que $TC_A \neq 0$ et B l'ensemble des x ou $TC_A(x) \neq 0$. On a $TC_A = TC_A C_B$ d'où $TC_A = TC_A TC_B$. Si $x \in B$, $TC_B(x) = 1$; $C_B = C_B TC_B$; B est T-réduisant, il existe donc F, T-idempotent tel que $TC_B = C_F = TC_F$.

On peut remarquer que F est le plus petit T-idempotent contenant B.

Application. — Soit $\underset{i \in \mathcal{J}}{F_i}$ une famille de T-idempotents et soit

$$\mathcal{F}_0 = \bigcup_{i \in \mathcal{J}} F_i,$$

Comme

$$C_{F_i} \leq C_{\mathcal{F}_0}, \qquad TC_{F_i} \leq TC_{\mathcal{F}_0}, \qquad TC_{\mathcal{F}_0} C_{\mathcal{F}_0} = C_{\mathcal{F}_0};$$

donc $\mathcal{F}_0$ est T-réduisant, il existe $\mathcal{F}$ (T-idempotent) et f (T-annulant) avec

$$TC_{\mathcal{F}_0} = C_{\mathcal{F}} + C_f.$$

(³) *Cf.* une autre condition dans J. Arbault, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 858.

(⁴) *Voir* J. Arbault, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 858.

(*) Séance du 4 octobre 1954.

THÉORÈME 1. — *L'union de* T*-idempotents est* T*-réduisante.*

Par dualité, on a

THÉORÈME 2. — *L'intersection de* T*-idempotents est quasi* T*-idempotente.*

Définitions. — Un T-idempotent est dit *T. I. indécomposable*, s'il ne contient aucun T-idempotent strictement plus petit que lui et non nul.

Un T-idempotent est dit *T. I. régulier* s'il est union de T. I. indécomposable, *T. I. singulier* s'il ne contient aucun T. I. indécomposable, *T. I. quasi régulier* s'il est l'union de T. I. indécomposables et d'un T-annulant. Un T-idempotent *irrégulier* est union d'un T. I. singulier et d'un T. I. quasi régulier.

THÉORÈME 3. — *Si le point a n'appartient à aucun T. I. indécomposable, l'intersection I des T-idempotents le contenant est T-annulante.*

En effet, I est non vide, union d'un T-idempotent I^* et d'un T-annulant I'. Si $I^* \neq \emptyset$, $a \in I^*$ est impossible car I^* serait T. I. indécomposable. $a \notin I^*$ est impossible car $a \in E - I^*$.

THÉORÈME 4. — *Pour que le treillis $\mathcal{T}$ des T-idempotents soit complet, il faut et il suffit que tout T-idempotent soit régulier, c'est-à-dire qu'il n'existe aucune intersection T-annulante de T-idempotents;* dans ce cas, *la transformation de Reynolds est dite régulière.* Il en est ainsi, en particulier, si T satisfait à la propriété suivante : pour toute famille H de fonctions f dont l'enveloppe supérieure est une fonction de $\mathcal{R}$, $T(\operatorname{Sup}_{f\in H} f) = \operatorname{Sup}_{f\in H} T(f)$. S'il existait en effet un T-idempotent irrégulier il contiendrait une union de classes T-annulantes A_α et la famille de fonctions C_{A_α} ne satisfait pas à la propriété précédente [1].

Structures d'une transformation de Reynolds. — Soit A_i les T-I. indécomposables, $\mathcal{A}$ leur union, ($\mathcal{A}$ est T-réduisant), $\mathcal{A} + \mathcal{B}_1$ le plus petit idempotent contenant $\mathcal{A}$:

$$TC_{\mathcal{A}} = C_{\mathcal{A}} + C_{\mathcal{B}_1}, \qquad TC_{\mathcal{B}_1} = 0;$$

$\mathcal{B}_1$ est nécessairement vide quand $\mathcal{A}$ l'est. $\mathcal{A} + \mathcal{B}_1$ est T. I. quasi régulier.

Le complémentaire de $\mathcal{A} + \mathcal{B}_1$ est $\mathcal{B}_2$, T. I. singulier.

D'après le théorème 3, $\mathcal{B}_1$ et $\mathcal{B}_2$ peuvent être décomposés en classes T-annulantes : deux points a et a' appartiennent à la même classe s'ils appartiennent aux mêmes T-idempotents.

T-Partitions. — Soit f une fonction moyenne $f = Tf$. On sait que [2] les classes de la T-partition (f) sont quasi T-idempotentes.

Soit $A = A_{\lambda\mu} = \{x;\, \lambda \leqq f(x) \leqq \mu\}\lambda$, μ, étant deux scalaires quelconques pouvant être infinis.

$$\lambda C_A \leqq f C_A \leqq \mu C_A, \qquad \text{d'où} \qquad \lambda TC_A \leqq f TC_A \leqq \mu TC_A.$$

---

(1) Pour d'autres conditions entraînant la régularité, *voir* M.-L. DUBREIL-JACOTIN, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 856.

(2) *Loc. cit.* (1).

Mais si $x \notin A$, $f(x)$ n'est pas compris entre λ et μ, d'où $TC_A(x) = 0$ [3] TC_A est donc nul en dehors de A, donc (lemme 1), A est quasi T-idempotent. De même $B_{\lambda,\mu} = \{x; \lambda < f(x) < \mu\}$ est T-réduisant. De plus, si $B_\lambda = \{x; f(x) > \lambda\}$ est égal à $F - A$; $TC_A = 0$; en tout point de A, $f(x) = \lambda$ car

$$B_\lambda^* = E - B_\lambda = \{x; f(x) \leqq \lambda\} = F^* + A,$$
$$fC_{B_\lambda^*} \geqq \lambda C_{B_\lambda^*}, \qquad \text{d'où} \qquad fC_F \geqq \lambda C_F \quad \text{sur } F,\ f \geqq \lambda.$$

Soit λ une valeur prise par f sur un F_i indécomposable; les ensembles disjoints $B_\lambda = \{x; f(x) < \lambda; x \in F_i\}$ et $B'_\lambda = \{x; \lambda < f(x); x \in F_i\}$ ne peuvent être identiques à F_i. Ils sont T-réduisants, leur union est comprise dans F_i, donc l'un d'eux est vide quel que soit λ et par suite f est constant sur F_i.

Soit maintenant une classe annulante A de $\mathcal{B}_1 + \mathcal{B}_2$ et a et a' deux points de A. f ne peut prendre en a et a' deux valeurs distinctes μ et μ', car si λ est un scalaire compris entre μ et μ' l'ensemble $A_\lambda = \{x; f(x) \leqq \lambda\}$ n'est pas vide, ni son complémentaire. Il contient donc un T-idempotent qui contient a sans contenir a'.

On retrouve les propriétés des transformées de Reynolds énoncées par Mme M.-L. Dubreil-Jacotin.

Dans une publication ultérieure, nous étudierons les transformations de Reynolds quasi régulières.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Ondes liquides de gravité en présence d'une falaise verticale.* Note de M. **Georges Brillouët**, présentée par M. Henri Villat.

Résolution du problème de potentiel avec conditions aux limites du type mixte qui se présente dans la théorie linéaire des ondes liquides de gravité en présence d'une falaise verticale (cas bidimensionnel).

1° $x'Ox$ étant la surface libre, $y'Oy$ la falaise, le potentiel des vitesses $\varphi(x, y)$ est solution du problème suivant :

(I) *Trouver les fonctions harmoniques* $\varphi(x, y)$ *régulières dans le quadrant* $\mathcal{D}(x \geqq 0, y \leqq 0)$, *sauf peut-être en* O, *telles que*

$$\varphi_y - \varphi = 0 \quad \textit{sur } Ox, \qquad \varphi_x = 0 \quad \textit{sur } Oy'.$$

2° Si l'on prolonge $\varphi(x, y)$ de manière que la fonction prolongée ait même valeur en deux points symétriques par rapport à Oy', cette fonction vérifiera $\varphi_y - \varphi = 0$ sur Ox et Ox'.

Si donc on prend $\Phi = \varphi_y - \varphi$ comme nouvelle inconnue, $\Phi(x, y)$ est harmonique, régulière dans le demi-plan $y \leqq 0$, sauf en O, *nulle* sur $y = 0$, et prend

(3) On utilise ici le fait que $\mathcal{K}$ est totalement ordonné.

même valeur aux points (x, y) et $(-x, y)$. On en déduit [1]

$$(1) \qquad \Phi(x, y) = \sum_{n=x}^{\infty} \left(A_n r^{2n+1} + \frac{B_n}{r^{2n+1}} \right) \sin(2n+1)\theta \qquad (x = r\cos\theta,\ y = r\sin\theta),$$

la série étant absolument et uniformément convergente dans tout le plan, O excepté.

3° On aura ensuite :

$$(2) \qquad \varphi(x, y) = \lambda(x) e^y - e^y \int_y^{+\infty} e^{-t} . \Phi(x, t)\, dt$$

$\varphi(x, y)$ sera harmonique si $\lambda''(x) + \lambda(x) = 0$.

$\varphi_y - \varphi$ est nul sur Ox, *ipso facto*.

φ_x sera nulle sur Oy' si

$$\lambda'(0) = \lim_{x \to 0} \int_y^{+\infty} e^{-t} . \frac{\partial \varphi}{\partial x}(x, t)\, dt.$$

Pour obtenir cette limite, nous prendrons isolément chaque terme de la série (1).

4° *Premier groupe de solutions* (*groupe* R). — En prenant

$$\Phi = A_n r^{2n+1} \sin(2n+1)\theta,$$

on obtient

$$\lambda'(0) = 0 \qquad \text{donc} \quad \lambda(x) = A\cos x,$$

et par suite

$$(4) \qquad \varphi(x, y) = A e^y \cos x - A_n e^y \int_y^{+\infty} e^{-t} \Big[r^{2n+1} \sin(2n+1)\theta \Big]_{y=t}^{x} dt.$$

Dans (4) le coefficient de A_n est un polynome harmonique en x, y.

Toutes ces solutions sont régulières à l'origine, donc dans tout le plan, non bornées à l'infini, à l'exception de la solution : $A e^y \cos x$ (solution R. B).

5° *Second groupe de solutions* (*groupe* S). — En prenant

$$\Phi = \frac{B_n}{r^{2n+1}} \sin(2n+1)\theta,$$

on obtient

$$\lambda'(0) = (-1)^n \frac{B_n \pi}{(2n)!} = B,$$

et par suite

$$(5) \quad \varphi(x, y) = (A\cos x + B\sin x) e^y + (-1)^{n-1} (2n)! \frac{B}{\pi} e^y \int_y^{+\infty} e^{-t} \left[\frac{\sin(2n+1)\theta}{r^{2n+1}} \right]_{y=t}^{x} dt.$$

Pour toutes ces solutions, à l'infini : $\varphi(x, y) \approx (A\cos x + B\sin x) e^y$ et à l'origine $\varphi(x, y)$ est singulière; la singularité en O est polaire d'ordre $2n$

---

[1] *Cf.* WEINSTEIN, *Can. J. Math.*, 1, 1949, p. 276.

(pour $n \neq 0$), logarithmique (pour $n = 0$). Le cas $n = 0$ est celui considéré par J. J. Stoker [2]; la solution correspondante sera appelée solution S. L.

6° D'après (1), la solution la plus générale de (I) s'obtient à partir des solutions des groupes R et S par sommation finie ou infinie. Mise à part la solution R.B, toute solution de (I) est soumise à l'alternative suivante :

— *ou bien* la solution est régulière dans $\mathcal{D}$, origine comprise et elle n'est pas bornée à l'infini;

— *ou bien* la solution est bornée à l'infini, et elle est singulière à l'origine, la singularité *la plus faible* étant logarithmique.

7° Pour l'application aux ondes liquides, on doit rejeter les solutions non bornées à l'infini; par conséquent, la théorie linéaire utilisée nécessite (sauf pour la solution R.B) la présence d'une singularité à l'origine.

Toutes les solutions du groupe S permettent de former des ondes progressives, figuratives de la houle, la solution S.L étant seulement celle qui est le plus faiblement singulière en O.

8° La solution S.L peut se mettre sous l'une des formes

$$\varphi(x, y) = (\mathrm{A}\cos x + \mathrm{B}\sin x)\, e^{y} - \frac{\mathrm{B}}{\pi} e^{y} \int_{y}^{+\infty} e^{-t} \frac{t}{x^2 + t^2}\, dt,$$

$$\varphi(x, y) = (\mathrm{A}\cos x + \mathrm{B}\sin x)\, e^{y} - \frac{\mathrm{B}}{\pi} \int_{0}^{+\infty} e^{-tx} \frac{\sin ty + t\cos ty}{1 + t^2}\, dt$$

(valables sauf pour $x = 0$).

On peut montrer qu'elles coïncident avec les formules données par Stoker (*loc. cit.*, p. 15) et par Isaacson [3] pour le potentiel complexe.

Dans les expressions précédentes, les termes qui renferment l'intégrale représentent l'influence de la falaise, par comparaison avec le cas de l'océan de profondeur infinie.

ASTRONOMIE STELLAIRE. — *Détermination des constantes de la rotation galactique à partir de 24 groupes de géantes bleues.* Note de M. **Jacques Boulon** [1], présentée par M. André Danjon.

Dans le numéro 118 (p. 318) de *The Astrophysical Journal*, Morgan, Whitford et Code publient les résultats de mesures photoélectriques des parallaxes de 27 groupes de géantes bleues. Utilisant ces parallaxes, nous avons calculé au moyen de la formule de Oort les vitesses radiales de 24 de ces groupes, pour les comparer aux vitesses déduites des mesures publiées dans le catalogue de vitesses radiales de R. E. Wilson [1]. Les résultats sont les suivants :

(2) *Quart. Appl. Math.*, 5, 1947, p. 10-16.
(3) *Comm. Pure Appl. Math.*, 3, 1950, Nbl, p. 11-31.

(1) *General Catalogue of Stellar Radial Velocities*, 1953.

Groupe.	Nombre d'étoiles utilisées. Morgan.	(catalogue.)	Vitesse mesurée (catalogue) (km/s).	Vitesse calculée — (km/s).
1 I Sco	14	12	−26,3	−14,2
2 II Sco	6	6	− 3,9	− 8,6
3 I Sgr	4	3	+ 7,7	− 3,3
4 II Sgr	5	5	− 7,1	− 2,4
5 III Sgr	8	7	− 3,1	+ 7,0
6 IV Sgr	4	3	−12,1	+ 2,9
7 I Ser	4	3	+25,8	+10,9
8 II Ser	5	3	+ 5,3	+ 8,7
9 I Vul	6	3	+ 0,3	+ 5,9
10 I Cyg	11	10	−13,3	+ 0,7
11 II Cyg	12	5	− 6,5	− 7,7
13 IV Cyg	4	2	− 4,9	−12,6
14 I Lac	3	3	−11,9	−13,3
15 I Cep	21	19	−16,8	−19,2
16 II Cep	20	7	−58,8	−43,3
18 I Cas	9	3	−44,4	−43,8
19 II Cas	6	5	−42,0	−41,0
20 III Cas	6	3	−40,8	−46,5
21 I Per	21	21	−39,2	−41,3
22 I Cam	8	8	− 5,6	−14,7
23 II Per	7	6	+19,3	+ 1,4
24 I Aur	8	5	+ 2,9	+ 3,9
25 I Gem	8	6	+16,3	+19,5
27 I Mon	14	14	+23,8	+34,2
	214	162		

Constantes utilisées pour le calcul :
Longitude du centre de la Galaxie :

$$l_0 = 325^\circ$$

Déplacement du Soleil par rapport au groupe local (²) :

$$V = 19{,}5\ \text{km/s}, \qquad L = 29^\circ{,}3, \qquad B = +\ 25^\circ{,}8,$$

$$A = 16\ \text{km/s par kpc}\ (^3),$$

$$K = 0.$$

Le tableau montre une corrélation forte entre les deux séries; il nous a paru intéressant de recalculer les constantes A et K à partir des vitesses mesurées et des parallaxes données par Morgan. En appliquant la méthode des moindres

(²) TRUMPLER et WEAVER, *Statistical Astronomy*, 3, 22, p. 274.
(³) *Ibid.*, 6, 27, p. 577.

carrés aux 24 équations de Oort de la forme

$$v_{im} = K + a_i + b_i A$$

on trouve :

$$A = \quad 15,1 \pm 1,6 \text{ km/s par kpc},$$
$$K = - \quad 1,0 \pm 2,0.$$

ASTROPHYSIQUE. — *Sur un écart probable entre la position réelle de l'axe de rotation du Soleil et la position donnée par les tables.* Note de M. **Roger Servajean**, présentée par M. André Danjon.

On sait que la position de l'axe de rotation solaire, généralement admise, résulte des déterminations publiées par Carrington en 1853 et corrigées par le travail de Dyson et Maunder publié en 1912.

Les valeurs adoptées pour l'inclinaison et la longitude du nœud ascendant sont, pour 1930,0 :

$$i_a = 7^\circ,25, \qquad \Omega_a = 74^\circ,8.$$

Les auteurs précédents ont, pour effectuer leurs déterminations, utilisé le plus grand nombre possible de taches dites « récurrentes ». Mais les groupes de taches sont soumis pendant la plus grande partie de leur vie, et surtout au début, à des mouvements variés dont certains présentent certainement des caractères systématiques encore mal connus.

Les seuls objets solaires semblant présenter un net caractère de stabilité de position sont les taches dont la naissance remonte à deux ou trois rotations solaires et dont la forme, presque parfaitement circulaire, ne change pas pendant la traversée du disque. Malheureusement ce type est relativement rare, l'âge moyen des taches ne dépassant pas une à deux rotations comme l'ont montré L. et M. d'Azambuja.

Des relevés journaliers de position de ces objets, faits à l'occasion de la confection des « Cartes synoptiques de la chromosphère solaire », semblaient mettre en évidence de curieux déplacements en forme d'hélice. Après avoir vérifié que ces déplacements se retrouvaient, non seulement sur les spectrohéliogrammes de Meudon, du Mont Wilson et de Kodaikanal, mais aussi à l'aide des positions données dans les « Greenwich Photo-heliographic Results », j'ai pensé qu'une erreur du système de référence en était la cause la plus probable.

Un examen attentif de la collection des clichés de Meudon des années 1921-1940, m'a permis de sélectionner 60 taches particulièrement stables et pouvant être utilisées à une détermination de la correction de position de l'axe.

Utilisant les positions données par les « Greenwich Photo-heliographic Results », j'ai relevé pour chacune de ces taches, en fonction de sa distance

au centre du disque, l'écart entre la latitude observée et la latitude moyenne au cours du passage.

Le classement de ces objets suivant la date dans l'année permet de mettre en évidence un mouvement statistique fonction de la date.

Après quelques tâtonnements, j'ai considéré quatre groupes :

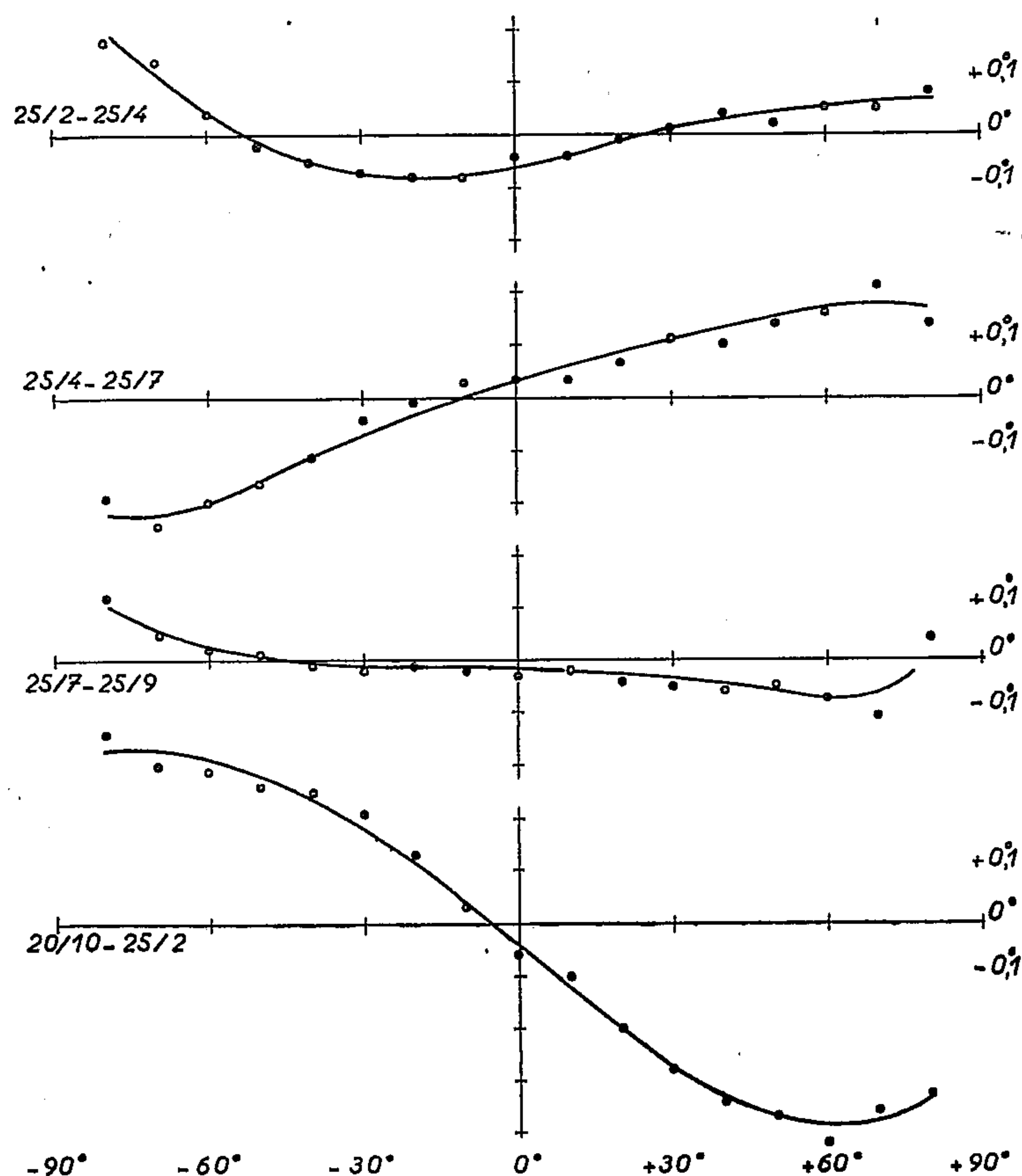
1° du 25 février au 25 avril : 13 taches;

2° du 25 avril au 25 juillet : 20 taches;

3° du 25 juillet au 25 septembre : 13 taches;

4° du 20 octobre au 25 février : 14 taches. (La période du 25 septembre au 20 octobre ne comportait aucune tache utilisable.)

Les courbes des écarts moyens en latitude en fonction des distances au centre du disque ont été établies pour ces quatre périodes (*fig.*).



On voit que la courbe 1 présente une concavité assez nettement marquée. Les courbes 2 et 4 présentent deux pentes opposées très caractérisées. La courbe 3 est plus indécise.

Sur ces quatre courbes, trois semblent correspondre à ce que donnerait une erreur de position de l'axe solaire d'environ 0°,3. Il convient également de remarquer que le sens d'évolution de ces courbes correspond à celui qui est donné par le sens de la révolution de la Terre autour du Soleil.

Utilisant les dates moyennes des intervalles considérés et me basant plus particulièrement sur la courbe 4 dont la forme est celle qui se rapproche le plus d'un arc de sinusoïde pur j'ai déterminé les corrections Δi et $\Delta\Omega$ de l'inclinaison et du nœud ascendant de l'axe de rotation.

J'ai trouvé :

$$\Delta i = -0°,3, \qquad \Delta\Omega = -0°,6,$$

ce qui, ajouté aux valeurs admises, donne pour 1930,0 les valeurs probables :

$$i_p = 7°,0, \qquad \Omega_p = 74°,2.$$

COSMOLOGIE. — *Sur l'évolution et l'âge des Galaxies.* Note de M. **Roger Bouigue**, présentée par M. André Danjon.

Cette Note a pour objet de montrer que l'excès de couleur observé sur la lumière des Nébuleuses extragalactiques de type E, peut s'expliquer par une évolution de ces nébuleuses. En tenant compte de la correction des distances selon Baade, cette hypothèse conduit à un âge de l'ordre de 5,5 milliards d'années, compatible avec les déterminations géologiques.

1° Les mesures photoélectriques faites par J. Stebbins et A. E. Whitford (1) sur des Nébuleuses extragalactiques de type E, mettent en évidence un excès de couleur proportionnel à la vitesse radiale mesurée. Même en tenant compte de la courbe d'énergie réelle d'une nébuleuse de ce type, telle que ces auteurs l'ont établie, le déplacement global du spectre vers le rouge ne justifie qu'une partie de l'indice de couleur observé. Nous voulons expliquer cet excès par une évolution de ces nébuleuses, c'est-à-dire par une transformation en naines des étoiles géantes qui la composaient au moment de sa formation.

2°. La nébuleuse M 32 mesurée peut être obtenue synthétiquement par association de naines et de géantes, à condition d'exclure pratiquement les étoiles supergéantes blanches et rouges, caractère qui rapproche cette nébuleuse du type II des populations de Baade. Dans ces conditions, on remarque que les combinaisons sont assez limitées et s'écartent peu d'une même valeur moyenne. Nous avons pris, en première approximation, un type K moyen, à la fois pour les géantes et pour les naines. Les courbes d'énergie correspondantes sont déduites des mesures photoélectriques en six couleurs de J. Stebbins et A. E. Whitford (2).

(1) *Ap. J.*, 108, 1948, p. 413.
(2) *Ap. J.*, 102, 1945, p. 318.

Suivant que l'on accorde ou non de l'importance à la zone spectrale dont la longueur d'onde est supérieure à 6000Å, et qui ne joue pratiquement pas de rôle dans la mesure des indices de couleur étudiés, on trouve que l'on doit associer à chaque géante moyenne gK_m, 2,5 à 4,5 naines moyennes dK_m de même luminosité absolue; ceci conduit, en tenant compte de la différence des magnitudes absolues visuelles ([2]) de ces deux types, à une géante pour 3500 ± 1000 naines. Telle serait la composition de la nébuleuse synthétique M 32, qui est une nébuleuse relativement proche et dont la lumière nous fait par conséquent connaître la structure actuelle.

3° Si l'on tient compte du facteur 2 introduit par Baade dans la mesure des distances, la lumière est partie depuis 480 millions d'années environ, pour une nébuleuse comme Boötes n° 1 ([1]).

L'excès de couleur 0,30 observé pour cette dernière peut s'expliquer si l'on admet qu'entre temps des géantes se sont transformées en naines. Le calcul montre que la composition devait être environ de $3,9 \mp 0,5$ géantes pour 3500 ± 1000 naines, au moment de l'émission de la lumière.

4° La fréquence des transformations des géantes en naines peut être représentée par une courbe en cloche dissymétrique passant par l'origine des temps si cette origine est prise au moment où la nébuleuse était uniquement constituée par des géantes, ayant son maximum à l'époque t_m si t_m est la durée de vie moyenne d'une de ces géantes, et admettant l'axe des temps comme asymptote.

Nous avons pris la fonction simple

$$f = kt\,e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t}{t_m}\right)^2}$$

qui répond à ces conditions. La proportion des géantes qui existent encore à l'instant t, s'exprime alors par

$$P = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t}{t_m}\right)^2}.$$

En tenant compte de la variation numérique imposée par l'excès de couleur observé, on trouve pour l'époque actuelle t_0,

$$t_0 = 5,5 \mp 0,4 \text{ milliards d'années}$$

et pour la durée de vie moyenne d'une géante,

$$t_m = 1,36 \mp 0,10 \text{ milliards d'années.}$$

Si l'on considère d'autres mélanges de types stellaires, les résultats diffèrent relativement peu et *l'âge* de ces nébuleuses reste compris entre 5 et 6 milliards d'années.

La faible variation des résultats en fonction de la composition *actuelle*, montre l'intérêt que présente l'obtention de mesures précises concernant d'une part la répartition spectrale énergétique des nébuleuses proches et d'autre part l'indice de couleur des nébuleuses extragalactiques éloignées.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une relation d'Odiot et Daudel entre la densité électronique et le potentiel électrique autour d'un atome.* Note (*) de M. **Charles Coulson**, présentée par M. Louis de Broglie.

La relation entre la densité électronique et le potentiel électrique autour d'un atome, récemment obtenue par Odiot et Daudel à l'aide de la mécanique ondulatoire peut être aisément obtenue par la méthode statistique de Thomas Fermi.

Si V représente le potentiel électrique en un point courant de l'atome et si nous utilisons les unités atomiques (e, m, a_0), l'équation de Thomas Fermi s'écrit :

$$\nabla^2(V - V_0) = 4\pi\sigma(V - V_0)^{\frac{3}{2}}$$

où

$$\sigma = \frac{2^{\frac{3}{2}}}{3\pi^2},$$

et où V_0 est une constante. Pour un atome neutre $V_0 = 0$; pour un atome dont le noyau possède la charge $+Ze$ et qui contient N électrons le rayon de l'atome est fini et si r_0 représente sa longueur :

$$V_0 = \frac{Z - N}{r_0}$$

Il en résulte que le nombre n des électrons par unité de volume est donné par la relation

$$n = \sigma(V - V_0)^{1,5}. \tag{1}$$

Cette relation est valable en tout point de l'atome. La densité n de Thomas Fermi varie lentement et ne présente pas les fluctuations associées aux couches K, L, M. Mais si nous prenons la valeur moyenne des deux membres de l'équation (1) dans une couche complète, nous pouvons espérer obtenir un résultat similaire à celui que donne la Mécanique ondulatoire. En effet, soit v le volume par électron dans une couche complète,

$$\frac{1}{v} = \bar{n} = \sigma\overline{(V - V_0)^{1,5}}$$

(dans cette relation les barres désignent les valeurs moyennes).

On peut encore écrire

$$v\overline{(V - V_0)^{1,5}} = \frac{1}{\sigma} = \text{const.} \tag{2}$$

ou pour un atome neutre :

$$v.\overline{V^{1,5}} = \frac{1}{\sigma} = 10,5. \tag{3}$$

(*) Séance du 4 octobre 1954.

L'équation (3) est exactement de la même forme que la relation d'Odiot et Daudel ([1]) à condition de remplacer $\overline{V^{1,5}}$ par $(\overline{V})^{1,5}$ ce qui est approximativement vrai puisque V varie lentement.

Nous devrions nous attendre à ce que l'accord avec (3) soit meilleur pour les atomes lourds. Il en est bien ainsi. Utilisant les valeurs numériques d'Odiot et Daudel pour les couches K, L, M et N de Hg, nous trouvons que : $\rho.\overline{V}^{1,5}$ prend les valeurs 14,7, 18,7, 16,4 et 22,8 respectivement. Étant donné qu'entre les deux valeurs extrêmes de ρ existe un rapport de 30 000 la réalisation de la constante, à un facteur deux près, de ce produit est un résultat excellent.

Pour les ions positifs, nous devons attendre pour $\rho.\overline{V}^{1,5}$ des valeurs supérieures à 1 en raison de (2); $\rho.\overline{V}^{1,5}$ croissant avec la charge de l'ion.

Pour Hg, Rb^{+}, Ca^{++}, Al^{+++} les valeurs de ce produit dans la couche K sont respectivement 14,7, 20,9, 28,1 et 32,9. Les faits observés sont donc bien exactement ceux que la relation (2) permet de prévoir. On trouve encore un résultat analogue dans la couche L de ces mêmes ions.

Si V est très supérieur à V_0 on peut écrire (2) sous la forme

$$\rho.\overline{V}^{1,5}=\frac{1}{\sigma}\left\{1+\frac{3V_0}{\overline{V}}+\ldots\right\}.$$

Il en résulte que les termes additionnels doivent être plus importants lorsque $\overline{V}$ est petit; autrement dit, l'accord avec la relation (3) doit être moins satisfaisant pour les couches périphériques que pour les couches internes. Dans le cas de Rb^{+} les valeurs du produit $\rho.\overline{V}^{1,5}$ sont respectivement de 20,9, 23,8 et 80 pour les couches K, L, M comme attendu.

Tous ces faits montrent qu'à condition de considérer un volume assez grand pour qu'il renferme au moins en moyenne un électron, il n'y a pas une grande différence entre la densité électrique moyenne de Thomas Fermi et celle à laquelle conduit l'équation de la mécanique ondulatoire.

MESURES ÉLECTRIQUES. — *Mesure d'une impédance au moyen d'un oscillographe cathodique bicourbe : méthode de coïncidence.* Note de M. **Albert Grumbach**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'évaluation directe d'une différence de phase par mesure de la distance de deux sinusoïdes sur l'écran de l'oscillographe manque de précision.

La méthode suivante donne des résultats plus exacts : par le jeu d'une impédance variable connue, l'on amène les deux courbes en coïncidence. On en déduit le rapport des constantes de temps, puis les éléments distincts de l'impédance étudiée.

La méthode décrite ici est utilisable à des fréquences élevées, où la construc-

([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1384.

tion d'un pont se heurte à de graves difficultés. En l'espèce, je l'applique à des fréquences montant jusqu'à 100 kHz. Entre les bornes de sortie G et G' d'un générateur de courant sinusoïdal (G' au sol), sont disposées en série une impédance variable connue Z_1 et l'impédance étudiée Z_2. La borne G est reliée à l'un des déflecteurs de l'oscillographe, le fil de l'autre déflecteur aboutissant entre Z_1 et Z_2. L'autre extrémité de Z_2 est reliée à G'.

Soit

$$Z_1 = Ae^{-j\alpha}, \qquad Z_2 = Be^{-j\beta},$$

les arguments α et β étant de même signe.

Soit U la différence de potentiel entre G et G', I l'intensité du courant, V_1 et V_2 les différences de potentiel respectives aux extrémités de Z_1 et Z_2 (quantités complexes) ; on a

$$U = V_1 + V_2 = (Z_1 + Z_2)\,I, \qquad V_2 = Z_2 I,$$

$$\frac{U}{V_2} = 1 + \frac{Z_1}{Z_2} = 1 + \frac{A}{B} e^{j(\alpha-\beta)}.$$

Si $\alpha = \beta$,

$$\frac{U}{V_2} = 1 + \frac{A}{B}.$$

On fait alors coïncider la courbe (V_2) avec la courbe (U) sur l'écran de l'oscillographe, les amplitudes étant égalisées par le jeu des amplificateurs.

L'exemple suivant montre comment on peut déterminer les éléments de Z_2 et évaluer la précision de la méthode. Il s'agit de mesurer la constante diélectrique et la conductivité d'un diélectrique compris entre les armatures d'un condensateur plan qui équivaut ainsi à une capacité C_2 en dérivation sur une résistance R_2.

L'impédance de comparaison est constituée par une capacité variable C_1 en dérivation sur une résistance R_1, toutes deux connues.

$$Z_1 = R_1 \cos\alpha\, e^{-j\alpha}, \qquad Z_2 = R_2 \cos\beta\, e^{-j\beta}$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \omega C_1 R_1, \qquad \operatorname{tg}\beta = \omega C_2 R_2.$$

A la coïncidence,

$$\frac{U}{V_2} = 1 + \frac{R_1}{R_2} = 1 + \frac{C_2}{C_1}.$$

Sensibilité de la méthode appliquée à l'exemple précédent. — La différence de phase φ entre U et V_1 observée sur l'écran est donnée par

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{R_1 \cos\alpha \sin(\alpha - \beta)}{R_2 \cos\beta + R_1 \cos\alpha \cos(\alpha - \beta)}.$$

Au voisinage de la coïncidence, $\beta - \alpha = \theta$ ainsi que φ sont petits. Un calcul simple donne

$$\varphi \simeq \frac{\theta R_1}{R_1 + R_2} \simeq \theta \frac{1}{1 + \dfrac{C_1}{C_2}}.$$

Il faut qu'à une faible variation de θ corresponde une grande variation de φ; C_1/C_2 doit donc être petit. La capacité de référence C_1 devant être faible, on peut étalonner $(C_1 R_1)$ au moyen d'un couple analogue $(C'_1 R'_1)$ où $C'_1 < C_1$, et, par échelons, aboutir à un condensateur étalon à air.

Nous ne possédons encore que la constante de temps $C_2 R_2$; pour séparer C_2 et R_2, il suffit de mettre en dérivation sur Z_2 une résistance connue ou une capacité connue et d'opérer comme précédemment.

Fréquencemètre. — La méthode de coïncidence permet de construire un fréquencemètre. Z_1 est alors constitué par une résistance en série avec une capacité variable, tandis que dans Z_2 on a une résistance et une capacité en dérivation :

$$Z_1 = R_1 - \frac{j}{\omega C_1}; \qquad Z_2 = \frac{R_2}{1 + j\omega C_2 R_2}.$$

A la coïncidence, la fréquence est donnée par

$$n = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}.$$

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les conditions de détermination des caractéristiques de non détonation des carburants.* Note (*) de MM. **Rotislav Vichnievsky** et **Robert Karout**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Du point de vue de leur résistance à la détonation, les carburants sont comparés à des mélanges d'isooctane et de *n*-heptane au moyen du moteur « C. F. R. » aux taux de compression donnant lieu à la même intensité du cliquetis. Deux méthodes normalisées qui diffèrent par les conditions de vitesse de rotation du moteur, de l'avance à l'allumage et la température de l'air admis, fournissent deux classifications différentes des carburants.

En dehors de son intensité, le phénomène de cliquetis peut être défini par son instant d'apparition dans le cycle ([1]). L'étude du fonctionnement du moteur « C. F. R. » alimenté par les carburants de référence (mélanges d'isooctane et de *n*-heptane) a montré que l'instant d'apparition du cliquetis est le même dans le cycle quelle que soit la proportion d'isooctane dans le mélange, à condition que le cliquetis présente l'intensité constante définie par les normes. Cette observation est valable pour les deux méthodes normalisées « Motor Method » et « Research Method » ([2]). En portant sur un graphique, en ordonnée l'indice d'octane du mélange qui, pour les mélanges de référence

(*) Séance du 4 octobre 1954.

([1]) R. Vichnievsky et R. Guyot, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1699.

([2]) Les déterminations normalisées des qualités de non détonation des carburants s'effectuent à des taux de compression différents suivant l'indice d'octane. A. S. T. M. D 357 — D 908.

est par définition la proportion d'isooctane, et en abscisse l'angle pour lequel apparaît le cliquetis on obtient donc pour les carburants de référence une droite parallèle à l'axe des ordonnées (*fig.* 1 et 2).

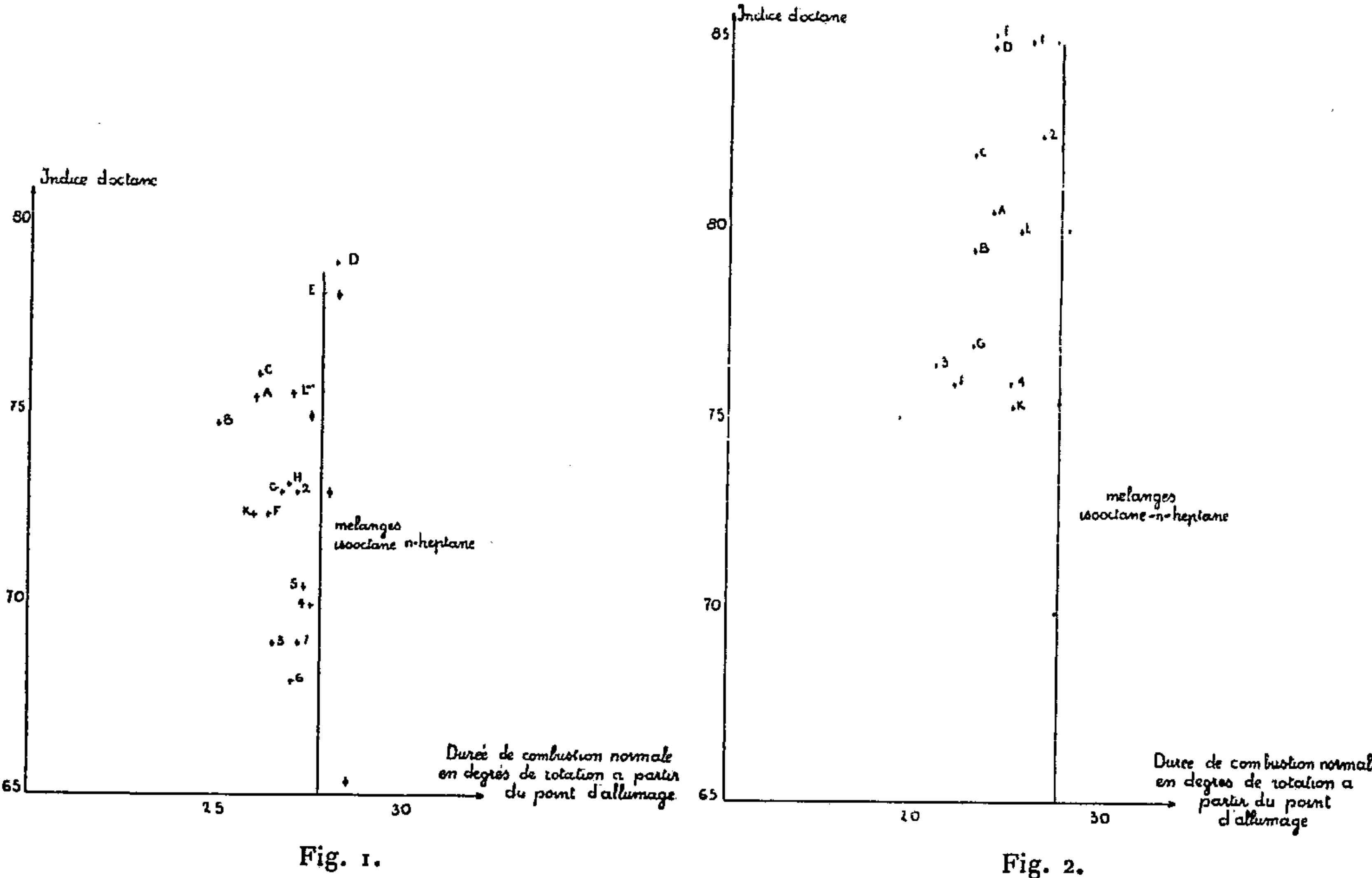


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Relation entre l'indice d'octane et la durée de combustion normale en Motor Method.
Fig. 2. — Relation entre l'indice d'octane et la durée de combustion normale en Research Method.

L'étude des carburants réels dont la composition est donnée par le tableau a montré que l'instant d'apparition du cliquetis est généralement antérieur à celui qui correspond au mélange de référence de même indice d'octane, c'est-à-dire présentant l'intensité de cliquetis normale.

	Paraffines.	Oléfines.	Aromatiques.	Naphtènes.
A...............	61,8	14,5	11,9	11,8
B...............	58,8	15,6	11,1	15,7
C...............	54,3	20,1	15,5	9,5
D...............	60,5	17	13,5	8,5
E...............	55,6	18,9	15,3	8,7
F...............	58,2	13	9,8	18,2
G...............	59,3	17	14,4	9,8
H...............	54,6	16,1	10,5	18,6
K...............	64,5	13	12,4	10,3
L...............	64,8	10,7	13,5	10,7
1...............	43,4	33	18	5,6
2...............	41,7	27,3	24,1	6,9
3...............	29,2	34	16	20,8
4...............	39	31,5	22,3	7,2

Les points reportés sur les graphiques précédents peuvent ainsi fournir une indication sur le comportement des carburants dans d'autres conditions d'utilisation que les conditions normalisées; en particulier, ils indiquent que le cliquetis sur un moteur réel peut apparaître dans le cas d'un carburant ordinaire pour une avance à l'allumage plus faible que celle pour laquelle il apparaît avec le mélange isooctane-heptane ayant le même indice d'octane. Par exemple, dans le cas de la « Research Method », le carburant 1 ayant le même indice d'octane que le carburant D peut être considéré en utilisation comme supérieur à ce dernier. Cette appréciation reste toutefois purement qualitative.

MAGNÉTISME. — *Étude de ferronickels laminés autour du point de Curie, à l'aide des champs alternatifs faibles.* Note (*) de M. **André Marais**, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans les alliages fer-nickel complexes à haute teneur en nickel, la perméabilité initiale est particulièrement sensible aux modifications structurales. Cette grandeur magnétique varie même dans de fortes proportions, dans le cas d'une bande laminée, avec la distance à la surface de la couche interne qu'elle caractérise ([1]).

Pour préciser ces anomalies, il nous a semblé intéressant d'étudier, dans les mêmes conditions de préparation (polissages électrolytiques successifs) et de mesure (champs alternatifs faibles), l'apparition du ferro-magnétisme de ces substances après un ou plusieurs recuits dans l'hydrogène au-dessus de la température de Curie. Utilisant le principe d'une méthode ancienne ([2]), nous avons mesuré la variation avec la température de la self-induction d'une bobine toroïdale dont le noyau, en forme d'anneau, est constitué par l'échantillon à étudier. Sans entrer dans le détail de la réalisation qui sera exposée par ailleurs, nous donnerons ici les résultats les plus caractéristiques concernant deux alliages voisins de Ni_3Fe contenant une même proportion de cuivre en solution solide, l'un comprenant en outre 4 % de molybdène, l'autre 1,5 % de chrome.

Dans les deux cas, les échantillons sont issus d'une même bande, l'un d'entre eux ayant subi un polissage électrolytique. Le degré d'amincissement caractérisé par le rapport section dissoute/section initiale, ainsi que l'épaisseur finale sont mentionnés dans le tableau ci-après, les traitements thermiques (définis par le temps de recuit t à la température maximum T_m) sont indiqués dans l'angle supérieur droit de chacune des figures.

(*) Séance du 27 septembre 1934.

([1]) I. Epelboin et A. Marais, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1110; 229, 1949, p. 1131.

([2]) Ledeboer, *J. Phys.*, 2e série, 7, 1888, p. 199.

	Ni 76,5 Cu 5 Mo 4		Ni 76,5 Cu 5 Cr 1,5	
	M_1.	M_2.	Cr_1.	Cr_2.
Section diss./section init. %........	0	49,8	0	24,7
Épaisseur (microns)..............	100	50,2	50	37,6
θ (°C)...........................	400	396	509	502

L'examen du tableau et de la figure 1 relative à l'alliage au molybdène entraîne les remarques suivantes : *a*. le point de Curie θ varie légèrement avec la dissolution des couches externes de la bande origine; *b*. les courbes *a*, *a'*, *a''* et *b*, *b'* qui expriment la perméabilité en fonction de la température, au refroidissement, après des recuits successifs, montrent en particulier un changement

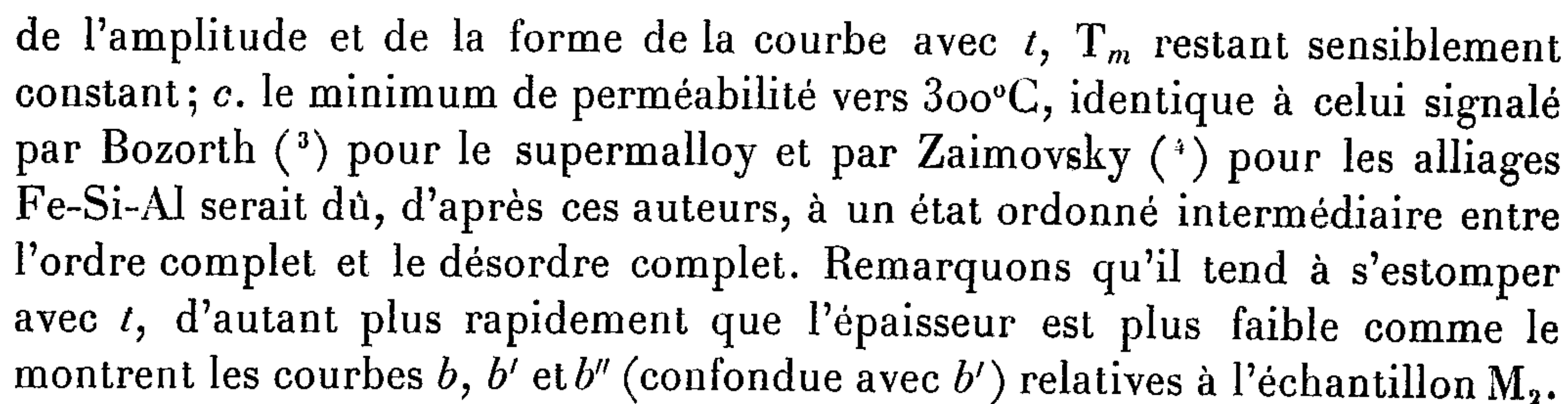


Fig. 1.

Fig. 2.

de l'amplitude et de la forme de la courbe avec *t*, T_m restant sensiblement constant; *c*. le minimum de perméabilité vers 300°C, identique à celui signalé par Bozorth ([3]) pour le supermalloy et par Zaimovsky ([4]) pour les alliages Fe-Si-Al serait dû, d'après ces auteurs, à un état ordonné intermédiaire entre l'ordre complet et le désordre complet. Remarquons qu'il tend à s'estomper avec *t*, d'autant plus rapidement que l'épaisseur est plus faible comme le montrent les courbes *b*, *b'* et *b''* (confondue avec *b'*) relatives à l'échantillon M_2.

Ces premières constatations mettent en évidence l'influence de l'épaisseur de l'échantillon et du temps de recuit. Les variations faibles de θ pourraient s'expliquer entre autre, par une différence de degré d'ordre ([5]) ou par une hétérogénéité chimique.

L'alliage au chrome donne des résultats plus nets (*fig.* 2). L'apparition du ferromagnétisme de l'échantillon Cr_1 s'étale entre 530 et 450° C (courbe *a*)

([3]) *Ferromagnetism*, 1951, p. 716.

([4]) *J. Phys. U. R. S. S.*, 4, 1941, p. 569-572.

([5]) E. Josso, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1369.

après un recuit de 50 mn à 1060° C; il s'effectue soudainement un peu au-dessus de 500° C lorsque le recuit est plus long (courbe *a'*). Nous trouvons donc les caractéristiques d'une diffusion métallique au cours du recuit ([6]). La différence de composition chimique a été vérifiée quantitativement par un dosage spectrographique du chrome.

En conclusion, cette méthode d'étude dans les champs alternatifs faibles, dont la détermination du point de Curie et le relevé de la courbe perméabilité-température sont deux aspects, peut nous permettre dans le cas des alliages laminés fer-nickel complexes, de préciser certaines anomalies magnétiques.

LUMINESCENCE. — *Luminescence à courte et à longue durée dans la silice vitreuse.* Note de M. **Vittorio Garino-Canina**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans une Note précédente ([1]) nous avions exposé quelques résultats sur la luminescence de la silice vitreuse en fonction de la température.

Sous excitation par la raie 2537 du mercure, la silice vitreuse devient en général luminescente avec émission d'une lumière violette, facilement visible.

Une étude spectrographique de l'énergie émise nous avait montré l'existence de deux bandes, l'une ayant son maximum vers 2 800 Å (bande α), l'autre vers 3 960 Å (bande β). Nous avions étudié l'évolution thermique de ces bandes et trouvé que, pour les silices obtenues en fondant du quartz en conditions oxydantes, l'intensité dans les deux bandes α et β allait en décroissant quand la température montait tandis que, pour les silices obtenues par fusion de quartz en conditions réductrices, la bande β présentait une évolution anormale: l'intensité émise augmentait avec la température et le maximum se dédoublait comme si une nouvelle bande β'' ayant son maximum vers 4 360 Å, venait apparaître à côté de la première à 3 960 Å. L'émission totale dans la bande β (β' et β'') était la plus intense vers 270° C et elle s'annulait pratiquement à 600° C.

Un deuxième examen de ces résultats nous a montré que la montée de l'intensité avec la température et le dédoublement observé traduisaient en réalité l'existence d'un autre phénomène qui nous avait échappé au début.

Nous avons remarqué en effet, que les silices obtenues en conditions réductrices présentent, à côté de la luminescence à très courte durée (fluorescence) qui est commune aussi aux silices obtenues en conditions oxydantes (et qui consiste en les deux bandes α et β') une luminescence ayant une durée d'émission très longue à la température ordinaire (phosphorescence) et fonction rapidement décroissante de la température : cette dernière bande a son maximum à

([6]) P. Chevenard et A. Portevin, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 71.

([1]) V. Garino-Canina, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1577.

4360 Å et elle correspond à la bande β'' que nous avions mise en évidence dans les premières expériences.

Toutes les silices obtenues en fondant du quartz (et n'ayant pas subi de traitement particulier) présentent, sous excitation par une radiation comprise dans la bande d'absorption, une luminescence à très courte durée (qu'on appelle en général fluorescence).

Les silices vitreuses obtenues en conditions réductrices sont au contraire capables d'emmagasiner une partie de l'énergie d'excitation et cette énergie est réémise sous la forme d'une bande ayant son maximum a 4360 Å : la durée d'émission de cette nouvelle bande est très longue, de l'ordre de plusieurs semaines à la température ordinaire; mais, cette durée d'émission devient assez courte, par conséquent le phénomène devient visible, si la température augmente (à 300° C environ, la durée de l'émission est de l'ordre de 1 mn.

On peut mettre en évidence cette phosphorescence résultant de l'émission d'une partie de l'énergie emmagasinée pendant le processus d'absorption, de deux façons :

1° Un échantillon précédemment excité, est mis au contact d'une plaque photographique, dans une boîte étanche : après quelques heures, en développant la plaque, on voit un noircissement très évident en correspondance de l'échantillon; le phénomène a été mis en évidence grâce à l'effet intégrant de l'émulsion sensible. On pourrait par ce moyen étudier la décroissance de l'intensité émise, en fonction du temps à la température ordinaire.

2° L'échantillon précédemment excité est mis dans un four et il est porté à une température supérieure à la température ambiante. A partir de 150° C environ, l'échantillon commence à apparaître lumineux. La durée d'émission est d'autant plus courte que la température à laquelle l'échantillon a été porté est plus grande. L'échantillon apparaît par conséquent d'autant plus brillant que la température est plus élevée.

Ce phénomène a été ainsi mis en évidence en diminuant la durée d'émission grâce à une élévation de température : de cette façon l'énergie précédemment emmagasinée, et qui à la température ordinaire, était émise en plusieurs semaines est émise en quelques minutes et le phénomène est observable à l'œil nu.

Ces phénomènes sont très intéressants parce qu'ils nous fournissent des éléments qui pourraient nous aider à résoudre les problèmes des impuretés dans la silice.

Nous pensons que la luminescence de la silice vitreuse est due à des impuretés métalliques.

Les expériences que nous venons de décrire tendraient à démontrer que lorsque la fusion du quartz est faite en conditions réductrices, il y a formation de pièges assez profonds, d'où les électrons capturés ont, à la température ordinaire, une petite probabilité de sortir pour retomber au niveau fonda-

mental. La probabilité que chaque électron a de sortir du piège augmente, comme on sait, avec la température : il s'en suit évidemment que le temps nécessaire à l'émission de l'énergie emmagasinée diminue quand la température augmente. Ces pièges ne seraient pas présents dans la silice vitreuse obtenue en conditions oxydantes qui montre seulement, une luminescence à courte durée d'émission, présentant une évolution thermique normale.

Le problème qui se pose est celui de la nature, soit des centres luminogènes dans les deux types de silice, soit des pièges typiques de la silice fondue en conditions réductrices et responsables de la thermoluminescence que nous venons de décrire.

Nous pensons que les centres luminogènes sont dus à des impuretés métalliques en très faibles traces et que, probablement les conditions physicochimiques dans lesquelles la fusion du quartz a lieu influent sur le mode d'association de ces impuretés, au réseau SiO_2.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur la vérification expérimentale des relations parcours-énergie des noyaux de charge supérieure à 2.* Note (*) de M. **Jean-Pierre Lonchamp**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

On compare les relations semi-théoriques proposées précédemment par l'auteur concernant les relations parcours-énergie des ions de charge supérieure à 2 aux valeurs expérimentales concernant des traces de ^{8}Li, ^{8}B, ^{12}C. L'accord trouvé est satisfaisant. On détermine un point de la courbe parcours-énergie de $^{12}_{6}C$: $E = 120,8$ MeV ± 1 MeV; $R = 194,7\,\mu \pm 1\,\mu$.

Les relations parcours-énergie des noyaux de charge comprise entre 3 et 8 établies sur des bases semi-théoriques par l'auteur dans une précédente publication (1) peuvent maintenant être confrontées avec certains résultats expérimentaux récents.

1° Traces de $^{8}_{3}Li$ entre 4 MeV et 22 MeV; traces de $^{8}_{5}B$ de 18 MeV à 60 MeV étudiées par W. H. Barkas (2). En comparant les parcours obtenus à ceux d'une particule α de même vitesse, on peut calculer C la constante à ajouter à la relation de Blackett.

Z.	M.	C (Barkas).	C (Lonchamp).
3	7	1,8 μ	1,6 μ
5	10	5,6 μ	4,2 μ

L'accord est relativement satisfaisant compte tenu de l'incertitude provoquée par le facteur de normalisation introduit par Barkas du fait des conditions

(*) Séance du 4 octobre 1954.

(1) J.-P. Lonchamp, *Journal de Physique*, 14, 1953, p. 80.

(2) *Physical Review*, 89, 1953, p. 1019.

d'enregistrement des particules de ses expériences qui ne sont pas les mêmes que celles correspondant aux expériences donnant les points de la courbe parcours-énergie des α proposée par J. J. Wilkins (3).

2° *Traces de* $^{12}_{6}C$. — Nous avons étudié une plaque (4) exposée simultanément aux ions $^{12}_{6}C$ et aux α à des énergies telles que ces ions ont une charge égale à leur charge nucléaire. Les conditions expérimentales favorables se prêtent par comparaison des trajectoires (5) à une détermination directe de C. L'enregistrement simultané élimine certaines causes d'incertitude telles que : nature de l'émulsion, conditions d'humidité, inclinaison des traces. On mesure les longueurs de couples de traces α et ^{12}C dont l'origine sur la plaque n'est distante que de quelques μ. Pour chaque couple la valeur $H\rho$ de la déflection magnétique est rigoureusement la même, les moments sont donc dans le rapport des charges.

En prenant $M\alpha = 4,0039$; $Mc = 12,0039$, on calcule que l'énergie d'une α de même vitesse que l'ion ^{12}C est supérieure de 50 KeV à l'énergie des α enregistrées, de parcours $R\alpha$. Le dR correspondant est de $1,25\ \mu$.
L'erreur sur dR est négligeable.

Finalement, $C = Rc - (R\alpha + 1,25)/3,002$.

Nous avons mesuré 225 couples de traces à 0,1 % près, la différence est ainsi connue à ~ 5 % ; il s'y ajoute une incertitude d'étalonnage de 0,6 %.

Finalement $C = 6,9\ \mu \pm 0,4\ \mu$.

Cette valeur est située entre la valeur proposée par l'auteur : $5,3\ \mu$ et celle déduite par Barkas : $8,3\ \mu$. Il nous est donc maintenant possible d'assigner un ordre de grandeur à l'incertitude relative aux valeurs de C proposées dans notre travail antérieur. Compte tenu des hypothèses simplificatrices faites, l'accord avec l'expérience se révèle comme satisfaisant.

3° Courbe parcours-énergie de $^{12}_{6}C$.

Nos mesures permettent de déterminer un point expérimental de la courbe parcours-énergie $^{12}_{6}C$. Le montage expérimental utilisé à Berkeley ne permet pas de connaître l'énergie avec précision. L'énergie de $^{12}_{6}C$ doit être réduite de celle des α calculée à partir du parcours.

Après correction d'inclinaison et ramené à une C_2, on trouve

$$R\alpha = 561,8\ \mu \pm 2,8\ \mu.$$

On se sert de la courbe des protons grâce à la relation

$$R(3,971\,E)\alpha = 0,9928\,R(E)p + 1,2\ \mu.$$

Dans ce domaine d'énergie, l'incertitude sur les valeurs admises par

(3) *Atomic Energy Establishment* (Harwell) Report G/R, 664, 1951.
(4) Exposée à Berkeley par W. H. Barkas, transmise par M. Leprince-Ringuet.
(5) Suggérée par W. H. Barkas, *cf.* (3).

L. Vigneron ([6]) est de l'ordre de 1 %. L'énergie des ions ^{12}C est de 120,8 MeV. Compte tenu de l'incertitude sur le parcours mesuré et de celle sur la courbe parcours-énergie des protons, cette énergie est connue à 1 MeV près.

Le point expérimental de $^{12}_{6}C$ est alors :

$$E = 120{,}8 \text{ MeV} \pm 1 \text{ MeV} \quad R = 194{,}7\,\mu \pm 1\,\mu$$

pour une émulsion Ilford G 5. Ce point est en parfait accord avec la courbe proposée par l'auteur. Le point indiqué par F. Miller ([7]) : $R = 175\,\mu$ $E = 120$ MeV n'est pas en accord avec ces mesures.

MÉTALLURGIE. — *Influence du soufre sur l'usinage des aciers, en ce qui concerne la vitesse de coupe et l'usure des outils.* Note (*) de M. **Alexandre Paudrat**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Il est bien connu qu'une introduction de soufre dans les aciers en facilite l'usinage, c'est-à-dire permet d'accroître la vitesse de coupe; mais les explications habituellement proposées ne m'ont pas paru entièrement satisfaisantes. J'ai été amené à mettre en doute le rôle joué par les inclusions de sulfures et à relier les propriétés lubrifiantes du soufre aux propriétés cristallines de ce métalloïde à l'état libre, ou engagé en des composés tels que la pyrrothine qui contient un excès de soufre par rapport à Fe S.

L'interprétation usuelle, en particulier, n'est guère apte à rendre compte d'un fait bien connu des vieux praticiens : la possibilité de percer avec une aisance relative des tôles en acier Hadfield à 12 % Mn, à la condition d'enduire le foret d'un mélange de graisse et de soufre en fleur. Selon ma manière de voir, les liaisons covalentes entre atomes au sein du soufre étant de même niveau, dans un plan hexagonal, et de niveaux différents entre deux plans, ces plans glissent sans peine les uns sur les autres et, de cette facilité, résulte un effet de lubrification.

De même l'hypothèse que tout se passe comme si du soufre libre, dans un acier convenablement traité, se localisait aux joints des grains, m'a conduit à rapprocher les deux propriétés *vitesse de coupe* et *résistance à l'usure* ([1]) et à prévoir un effet favorable du soufre, aussi bien pour faciliter l'usinage d'un acier, que pour accroître la durée de vie d'un outil.

Cette conception et ses conséquences seront exposées en détail dans un Mémoire d'ensemble. Je me bornerai ici à décrire quelques résultats des techniques industrielles qu'elle a inspirées.

([6]) *Journal de Physique*, 14, 1953, p. 145.

([7]) *Physical Review*, 83, 1951, p. 1261.

(*) Séance du 27 septembre 1954.

([1]) Telle que la définit H. Blok, *Engineering*, 1951, traduit par L. Delville, *Métaux et Corrosion*, 38, 1953, p. 370.

Un procédé dit « sulfonitruration » consiste à soumettre des pièces à l'action d'un mélange d'azote et de soufre en vapeur à une température voisine de 600°, où la molécule S_4 est stable. Un autre appelé « sulfocémentation », applicable à des aciers déjà cémentés, expose les pièces à la même atmosphère à des températures proches de la limite inférieure de stabilité de la molécule S_2. Enfin, un procédé pour fabriquer les aciers au soufre consiste à introduire cet élément à l'état pur dans la lingotière, à une température que j'ai trouvée la plus avantageuse au voisinage de 1400°. Cette technique d'incorporation s'applique aux aciers au carbone comme aux aciers additionnés de chrome, de nickel, de molybdène, de tungstène, de cobalt, y compris les aciers à coupe rapide. Les aciers ainsi préparés, qui tiennent au plus 0,040 % S, se forgent aisément, ont des propriétés mécaniques comparables à celles des aciers exempts de soufre et résistent mieux à l'usure.

Ainsi des forets et des tarauds en acier à coupe rapide ayant subi le traitement de sulfonitruration ont pu usiner, entre deux affûtages, quatre fois plus de pièces que les mêmes outils non traités.

A vitesse de coupe égale, des outils du type classique usinant des aciers traités comme il vient d'être dit, peuvent travailler bien plus vite que lorsqu'ils attaquent les mêmes aciers non traités. Le taux d'accroissement atteint 3,2 fois pour des aciers doux au carbone, 2,8 fois pour des aciers durs au carbone et 2,2 fois pour des aciers au nickel-chrome-molybdène.

En d'autres termes, pour une même durée de l'outil, les aciers traités au soufre se coupent de 3,2 à 2,2 fois plus vite que les aciers non traités, selon qu'il s'agit d'aciers doux ordinaires, d'aciers durs ordinaires ou d'aciers spéciaux.

Vraisemblablement, les considérations qui précèdent peuvent être étendues à d'autres alliages que les aciers et à d'autres corps que le soufre pourvu que ces corps aient une structure hexagonale : mes expériences sont actuellement orientées vers les effets du sélénium.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude des produits réactionnels du potassium avec les oxydes de molybdène et de tungstène.* Note (*) de MM. **Albert Hérold** et **André Hatterer**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les produits-limite de formules brutes $MoO_2K_{0,66}$, $MoO_3K_{1,5}$, $MoO_4K_{2,66}$, et $WO_3K_{1,5}$, préparés par action ménagée de la vapeur de potassium sur MoO_2 MoO_3 MoO_4K_2 et WO_3, sont beaucoup plus réactifs que les « bronzes » de molybdène ou de tungstène. Traités par l'eau ou l'éthanol, les deux premiers se dismutent probablement en monoxyde de molybdène et en molybdate alcalin.

(*) Séance du 4 octobre 1954.

Nous avons étendu au dioxyde de molybdène, au molybdate de potassium, et à l'anhydride tungstique, les recherches sur l'anhydride molybdique décrites dans une Note précédente ([1]).

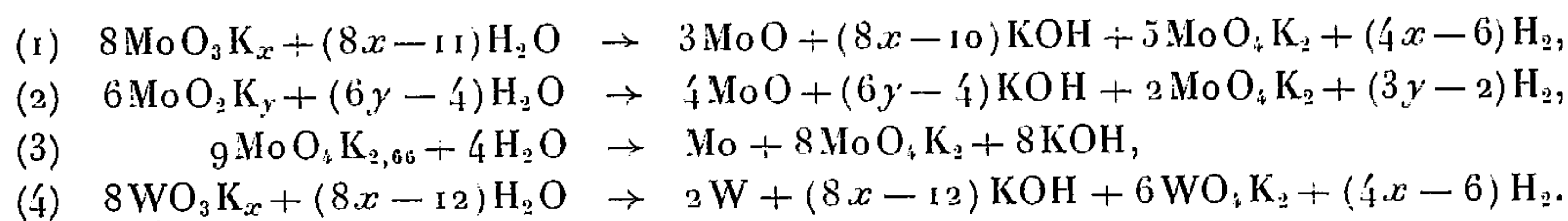
Par action ménagée de la vapeur de potassium sur le trioxyde de tungstène, nous avons préparé les composés-limite WO_3K_2 brun foncé, pyrophorique, et $W_2O_6K_3$ noir brun, moins altérable à l'air. La courbe $x = f(t_2 - t_1)$ a sensiblement la même allure que celle obtenue pour l'anhydride molybdique, mais le premier palier est plus étendu : t_1 restant fixé à 250° C, le passage réversible de WO_3K_2 à $W_2O_6K_3$ a lieu pour des différences de température comprises entre 140 et 170°.

Le dioxyde de molybdène conduit au produit-limite $MoO_2K_{1,16}$ noir, se transformant réversiblement en $MoO_2K_{0,66}$ également noir, pour des différences de température suffisamment élevées.

Par contre, le molybdate de potassium fixe le métal alcalin de façon entièrement irréversible, en formant le produit-limite $MoO_4K_{2,66}$ bleu-noir.

Tous les produits précédents réagissent avec l'eau, comme MoO_3K_x, en donnant une solution de molybdate ou de tungstate de potassium (alcaline pour certains d'entre eux), et un insoluble noir très réducteur, ne contenant pas de métal alcalin. Pour établir les équations réactionnelles correspondantes, nous avons mis au point un appareillage qui permet de faire agir l'eau et de séparer par filtration les dérivés formés, en l'absence d'oxygène, et d'effectuer ensuite l'analyse quantitative de l'insoluble sans transvasement. La quantité d'hydrogène dégagé par les produits contenant du potassium labile, est déterminée par mesure volumétrique. L'hydroxyde alcalin éventuellement présent dans la solution est titré par acidimétrie ; le molybdate ou le tungstate de potassium sont dosés gravimétriquement par précipitation de l'oxine molybdique ou du tungstate de calcium. L'insoluble est d'abord séché sous vide élevé à 30-40° C ; on l'oxyde ensuite en trioxyde de molybdène ou de tungstène par chauffage à 500° C sous oxygène anhydre, l'eau éventuellement libérée étant recueillie dans un condenseur refroidi par de l'air liquide. Le gain d'oxygène mesuré, la quantité d'anhydride molybdique ou tungstique formée, et le poids d'eau condensée, permettent d'établir la formule de l'insoluble. Les résultats moyens des analyses sont réunis dans le tableau ci-après.

Ces valeurs permettent d'écrire les équations d'oxydo-réduction suivantes, (en négligeant pour simplifier, l'eau retenue par l'insoluble et en posant $1,5 \leqq x \leqq 2$ et $0,66 \leqq y \leqq 1,16$)



(1) $8MoO_3K_x + (8x - 11)H_2O \rightarrow 3MoO + (8x - 10)KOH + 5MoO_4K_2 + (4x - 6)H_2,$

(2) $6MoO_2K_y + (6y - 4)H_2O \rightarrow 4MoO + (6y - 4)KOH + 2MoO_4K_2 + (3y - 2)H_2,$

(3) $9MoO_4K_{2,66} + 4H_2O \rightarrow Mo + 8MoO_4K_2 + 8KOH,$

(4) $8WO_3K_x + (8x - 12)H_2O \rightarrow 2W + (8x - 12)KOH + 6WO_4K_2 + (4x - 6)H_2.$

([1]) A. Hérold et A. Hatterer, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 479.

Formule brute du produit étudié.	d'hydrogène dégagé (Milligrammes pour 100 mg de trioxyde engagé)	de potassium « alcalin » (Milligrammes pour 100 mg de trioxyde engagé)	de trioxyde résiduel (Milligrammes pour 100 mg de trioxyde engagé)	d'oxygène fixé (Milligrammes pour 100 mg de trioxyde résiduel)	d'eau libérée (Milligrammes pour 100 mg de trioxyde résiduel)	Formule de l'insoluble.
$MoO_3K_{1,5}$ ... à	o	6,5	36,8	23,0	4,7	MoO, n H_2O
MoO_3K_2	0,34	19,8	37,1	22,8	au moins	
$MoO_2K_{0,66}$ ... à	o	o	–	22,6	4,7	MoO, n H_2O
$MoO_2K_{1,16}$ ...	0,34	13,7	66,7	au moins	au moins	
$MoO_4K_{2,66}$	o	24,7	11,1	33,3	négligeable	Mo
$WO_3K_{1,5}$ .... à	o	o	24,9	20,6	négligeable	W
WO_3K_2	0,21	8,5				

Tous les insolubles, oxygénés ou non, sont très oxydables surtout en milieu alcalin, et réduisent l'eau par chauffage entre 50 et 500 °C, sous pression réduite, en donnant de l'hydrogène et des oxydes mal définis. Les propriétés de l'insoluble de formule MoO ne permettent pas de préciser s'il s'agit d'un mélange de molybdène métallique pyrophorique et d'oxydes inférieurs, ou au contraire du monoxyde de molybdène. Cette dernière hypothèse est cependant la plus probable : elle permet d'expliquer les réactions d'hydrolyses différentes de produits aussi voisins que MoO_3K_x et WO_3K_x en admettant que la stabilité des monoxydes aille en décroissant dans la série chrome, molybdène, tungstène, comme dans d'autres séries d'éléments de transition.

Comme nous l'avions précédemment signalé, le traitement des composés-limite MoO_3K_x par l'acide chlorhydrique gazeux anhydre à température inférieure à 500°, ne donne pas de chlorhydrine molybdique. Il en est de même pour MoO_2K_y. L'apparition du molybdate de potassium après traitement par l'eau (ou l'éthanol) s'explique donc dans les deux cas par une réaction de dismutation.

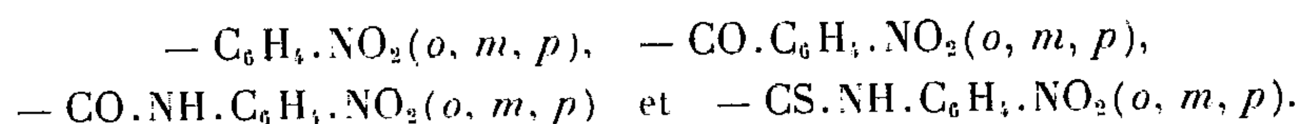
Le produit $MoO_4K_{2,66}$ donne de la chlorhydrine molybdique. Comme la transformation est incomplète, il n'est pas certain qu'il contienne du molybdate alcalin libre, car la réaction libère au début une quantité d'eau suffisante pour décomposer le produit non encore transformé. L'absence d'insertion et sa réaction d'hydrolyse différente distinguent également le dérivé $MoO_4K_{2,66}$ des deux précédents.

Les diagrammes de diffraction de rayons X par MoO_3K_x, MoO_2K_y, MoO_4K_z WO_3K_x et MoO, sont actuellement à l'étude, et permettront peut-être de préciser la nature de ces produits et les mécanismes réactionnels.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Remarques sur l'absorption dans l'ultraviolet moyen et le visible de quelques dérivés nitrés aromatiques.* Note (*) de M. **Panos Grammaticakis**, transmise par M. Marcel Delépine.

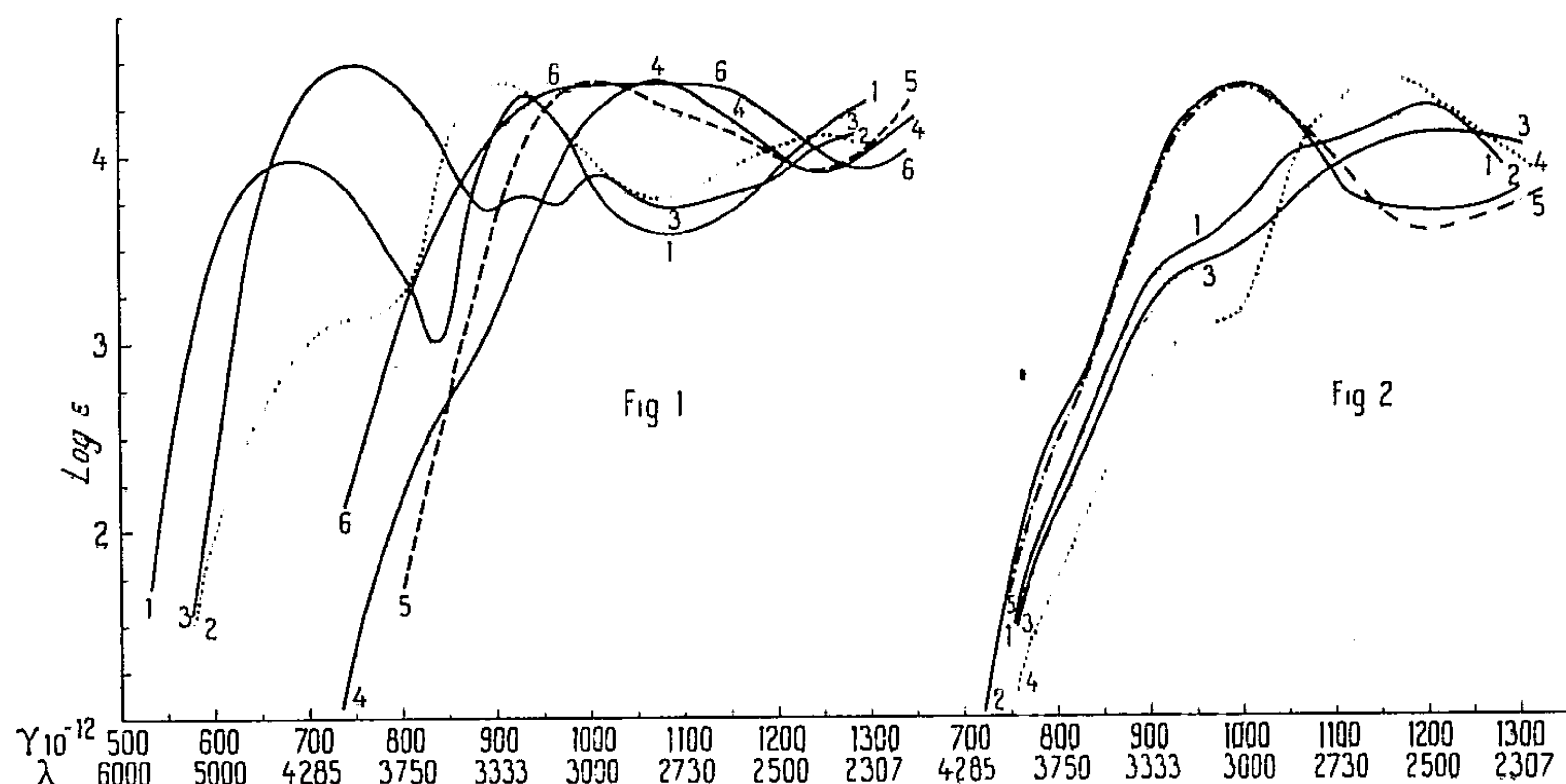
L'ortho, méta et paranitration du cinnamaldéhyde, de l'acide cinnamique et de la phényl- et benzoyl-hydrazone du benzaldéhyde produisent des modifications spectrales analogues à celles constatées pour l'*o*- *m*- et *p*- nitration de tous les dérivés monosubstitués étudiés du benzène.

Au cours de recherches spectrales systématiques sur les aryl- et aroyl-hydrazones et les dérivés aryléthyléniques isomères *o*, *m* et *p* [1], j'ai été conduit à étudier, en particulier, l'absorption de certaines de ces substances dont les groupes aryle et aroyle étaient de formes :



$$-C_6H_4.NO_2(o, m, p), \quad -CO.C_6H_4.NO_2(o, m, p),$$
$$-CO.NH.C_6H_4.NO_2(o, m, p) \quad \text{et} \quad -CS.NH.C_6H_4.NO_2(o, m, p).$$

La présente Note contient quelques résultats de ces recherches. Sur la figure 1 sont données les courbes des solutions dans l'alcool à 95° des nitrophénylhydrazones du benzaldéhyde : ortho (courbe 1), méta (courbe 2) et para (courbe 3), mesurées aux concentrations N/1000 et N/10 000, et des nitrobenzoylhydrazones du benzaldéhyde : ortho (courbe 4, N/300, N/3 000), méta (courbe 5, N/1000, N/10 000) et para (courbe 6, N/3 000).



La figure 2 contient les courbes des solutions alcooliques des aldéhydes nitrocinnamiques : ortho (courbe 1, N/1000, N/10 000) et para (courbe 2,

(*) Séance du 4 octobre 1954.

(1) La publication de ces recherches est en cours.

N/400, N/4 000) et des acides nitrocinnamiques ([2]) : ortho (courbe 3, N/1000, N/10 000), méta (courbe 4, N/500, N/5 000) et para (courbe 5, N/1000, N/10 000).

L'examen de ces courbes montre que :

I. Les composés nitrés isomères para et méta diffèrent, au point de vue spectral et surtout au point de vue d'allure d'absorption, beaucoup plus que les composés isomères ortho et méta $[(p)-(m)>(o)-(m)]$.

II. Le passage des composés ortho nitrés à leurs isomères méta se traduit par diminution d'intensité de la bande la plus proche du visible A ([3]) et par déplacement vers les faibles fréquences du maximum de la bande principale suivante la plus intense avec non diminution de son intensité.

Ces relations spectrales qualitatives entre les composés nitrés isomères *o*, *m* et *p* sont analogues à celles observées pour tous les dérivés monosubstitués étudiés du nitrobenzène ([4]) (nitranilines, nitrobenzamides, nitrostyrolènes, nitrobenzaldoximes etc.).

Il est à noter qu'on peut, en première approximation, attribuer la bande A des composés $NO_2.C_6H_4.X$ (où X est un groupement quelconque dont l'absorption ne masque pas complètement celle du NO_2 modifiée par conjugaison avec le $C_6H_4.X$) au groupement NO_2 et à sa perturbation provoquée par le $C_6H_4.X$ et les bandes suivantes au $C_6H_4.X$ et à sa perturbation produite par le NO_2.

Les relations (I) et (II) entre les dérivés monosubstitués isomères du nitrobenzène sont, dans une certaine mesure, analogues à celles constatées entre les effets de certaines *o*-, *m*- et *p*-substitutions [carboxylation ([5]), phény-

---

([2]) Les courbes des esters méthylique et éthylique des acides nitrocinnamiques *o*, *m* et *p* sont, comme il était à prévoir, très voisines de celles des acides nitrocinnamiques correspondants. De plus, les absorptions des acides cinnamiques nitrés (*o*, *m*, *p*) sont assez (*o*) ou très voisines (*p*) de celles des nitrobenzaldéhydes correspondants, en accord avec les relations souvent constatées entres les effets de formylations et de carboxylation de quelques dérivés benzéniques (aminés, hydroxylés, etc.) et des composés spectralement apparentés.

([3]) La bande A des composés nitrés aromatiques et apparentés peut être masquée, partiellement ou complètement, par les bandes suivantes (*o*- et *m*-nitrobenzoylhydrazone du benzaldéhyde, *m*-nitrophénylhydrazone du benzaldéhyde) ou se confondre avec celles-ci (composés nitrobenzéniques para substitués).

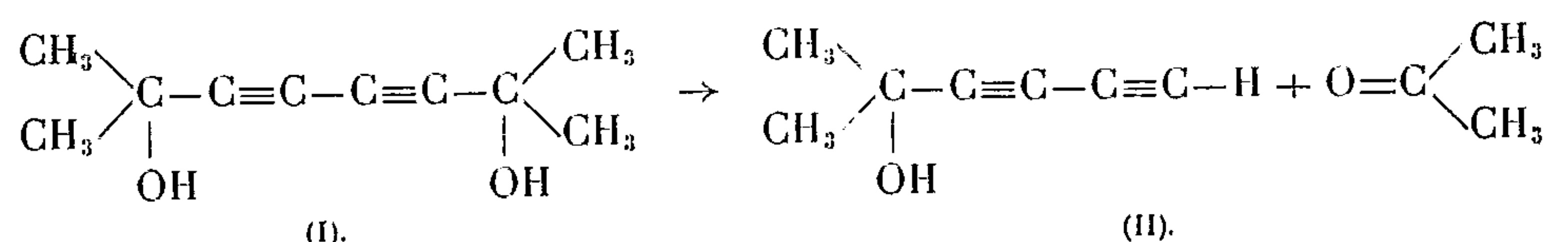
([4]) P. Grammaticakis, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 690; 18, 1951, p. 220, 534 et 965 19, 1952, p. 446; 20, 1953, p. 821 et 865; 21, 1954, p. 92 et 99 et recherches inédites. L'interprétation de ces relations dans le cadre des théories modernes fera l'objet d'un Mémoire ultérieur.

([5]) Les bandes A et B de tous les *o*-carboxyphénylhydrazones étudiées sont plus près du visible et, en général, plus intenses que les bandes correspondantes des isomères méta (effet spectral ortho- *normal*) (recherches en cours de publication).

lation ([6]), etc.] de quelques composés de la forme $C_6H_5.Y$ (où $Y=OR$, NRR', $SR'(R, R'=H$, alcoyle, acidyle, phényle), C_6H_5, etc.). L'étude du domaine de validité de ces relations est en cours. On peut remarquer que la partie de la relation (II) concernant l'absorption du groupement $—C_6H_4.X$ est en connexion très étroite avec la relation définissant l'effet spectral ortho-*anormal*.

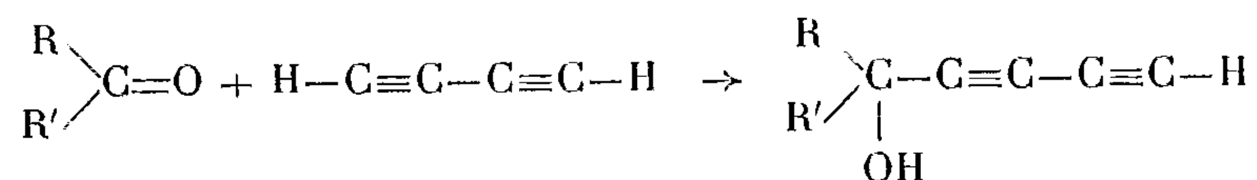
CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation d'alcools diacétyléniques vrais.* Note de MM. **Wladyslaw Chodkiewicz**, **Paul Cadiot** et **Antoine Willemart**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Le premier alcool diacétylénique décrit est le méthyl-1 hexadiyne-3-5 ol-1 (II) qui a été obtenu par Yu. S. Zal'Kind et M. A. Aizikovitch ([1]) par décomposition pyrogénée du diméthyl-2-7 octadiyne-3-5 diol-2-7 (I) en présence de produits alcalins tels que la chaux



Ultérieurement J. B. Armitage, E. R. H. Jones et M. C. Whiting ([2]), ont préparé plusieurs de ces produits, en utilisant l'action sur des composés carbonylés du dichloro-1.4 butyne-2 dans l'ammoniac liquide en présence d'amidure de sodium.

Nous avons été conduits à mettre au point une méthode de synthèse de ce type d'alcool par condensation directe du diacétylène sur des composés carbonylés suivant le schéma



Deux modes opératoires peuvent être employés. Dans l'un, l'agent de condensation est la potasse anhydre ([4]), ([5]), le milieu réactionnel le tétrahydro-

([6]) L'absorption des diphénylbenzènes *o*, *m* et *p* croît suivant l'ordre : $o < m < p$ (effet spectral ortho- *anormal*) (recherches inédites).

([1]) *J. Gen. Chem. U. R. S. S.*, 9, 1939, p. 961.

([2]) *J. Chem. Soc.*, 1952, p. 1993.

([3]) E. Keyssner et E. Eichler, *D. R. P.*, 740.637, 1943.

([4]) A. E. Favorsky, Brevet russe 31017, 1932.

([5]) G. Vavon, R. Dulou et N. Lozac'h, *Manipulations de Chimie organique*, p. 56, Masson éditeur, 1946.

furanne ([6]), et la température comprise entre — 60° et — 80°. Après des temps de contact de l'ordre de 1 h à 4 h suivant le composé carbonylé, l'alcool diacétylénique est obtenu avec de très bons rendements.

Dans l'autre, l'agent de condensation est l'amidure de sodium formé *in situ* dans l'ammoniac liquide ([7]), la température devant être maintenue la plus basse possible (vers — 80°). Cette méthode fournit souvent simultanément de petites quantités de glycol, fait déjà constaté ([2]).

A titre d'exemple, nous indiquons la préparation de deux alcools obtenus par condensation du diacétylène avec la benzophénone et l'acétone.

Diphényl-1.1 *pentadiyne*-2.4 *ol*-1 : $C_{17}H_{12}O$. — Le diacétylène (0,34 mole) obtenu à partir de 40 cm³ de dichlorobutyne, préparé selon ([3]), est introduit dans un ballon contenant 35 g de potasse anhydre pulvérisée en suspension dans 100 cm³ de tétrahydrofuranne anhydre refroidi à — 30°.

Après refroidissement à — 80°, 36,4 g (0,2 mole) de benzophénone en solution dans 50 cm³ de tétrahydrofuranne sont introduits goutte à goutte sous vive agitation et le mélange réactionnel est maintenu pendant deux heures entre — 60° et — 80°.

On hydrolyse par l'eau, neutralise la couche organique par le gaz carbonique, et concentre sous vide. L'alcool brut se solidifie difficilement, mais par recristallisation dans l'éther de pétrole, on obtient un produit fondant à 58° (Rendement 80 %), d'après ([2]) F 55-56° :

Pour $C_{17}H_{12}O$: théorie % : C 87,93 — H 5,17; trouvé % : C 87,76 — H 5,18.

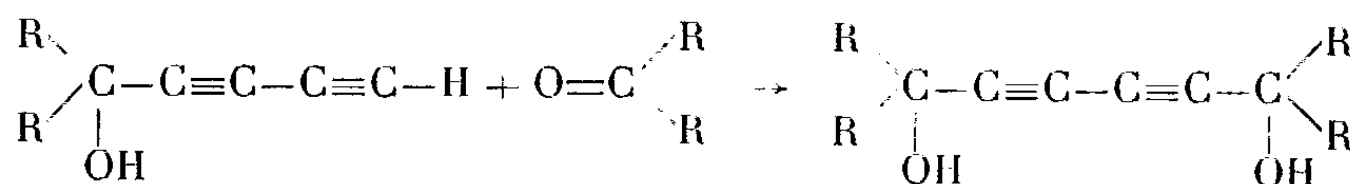
Dosage d'hydrogène acétylénique ([8]) théorie 100 %, trouvé 99,8 %.

Méthyl-2 *hexadiyne*-3.5 *ol*-2 : C_7H_8O. — Le diacétylène (0,15 mole) préparé selon ([3]) à partir de 18 cm³ de dichlorobutyne est introduit dans un ballon contenant une suspension de 17 g de potasse anhydre pulvérisée dans 50 cm³ de tétrahydrofuranne à — 30°. Après refroidissement à — 80°, 7,35 cm³ (0,1 mole) d'acétone sont introduits goutte à goutte. L'agitation est maintenue une heure à — 80°. L'hydrolyse est effectuée comme dans l'exemple précédent.

Le produit est un liquide : $É_{1-2}$ 48-49°, $n_D^{20} = 1,4835$; d'après Zal'kind et Aizikovitch $É_7$ 59-61°, $n_D^{20} = 1,4859$. Rendement 85 %.

Les alcools ainsi obtenus sont évidemment peu stables : ils se décomposent sous l'influence d'une élévation de température dès 50° et rougissent à la lumière. On peut néanmoins les conserver à basse température (vers 0° par exemple).

Par hydrogénation catalytique, ils fixent quatre molécules d'hydrogène. Sous l'action du réactif de Nessler, ils forment des dérivés mercuriques cristallisables, d'où il est possible de les régénérer par l'action de l'hydrogène sulfuré. Enfin, il est possible de condenser ces alcools diacétyléniques avec un composé carbonylé suivant le schéma :



([6]) P. Cadiot et A. Willemart, *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. 100.

([7]) K. Campbell, B. Campbell et L. Eby, *J. Am. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 282.

([8]) I. Marszak et M. Koulkes, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 364.

Cette méthode permet d'accéder non seulement à des glycols symétriques dont certains sont déjà connus [9], [10], mais également à des glycols diacétyléniques dissymétriques dont aucun type n'a encore été décrit.

Cette nouvelle synthèse a pu être étendue à un certain nombre de composés carbonylés (aldéhydiques ou cétoniques), dont l'étude est en cours.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du trifluorure de bore sur les aldéhydes.* Note de MM. **René Lombard** et **Jean-Paul Stéphan**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons publié précédemment [1] les résultats relatifs à l'action du trifluorure de bore sur les cétones qui donne, d'une manière générale, un produit d'addition molécule à molécule facile à isoler et assez stable que nous désignons sous le nom de « complexe primaire »; dans la présente Note nous examinons l'action du trifluorure de bore sur les aldéhydes.

Nos connaissances relatives à la combinaison des aldéhydes et du fluorure de bore sont très limitées : Landolph a indiqué [2] que l'acétaldéhyde, l'aldéhyde valérianique et le benzaldéhyde se combinent au trifluorure de bore mais n'ont pas étudié les produits formés. Brown, Schlesinger et Burg ont signalé [3] que le triméthylacétaldéhyde donne facilement avec le trifluorure de bore une combinaison cristallisée assez stable et que l'acétaldéhyde donne une combinaison assez stable mais difficile à isoler en raison de la polymérisation.

De notre côté nous avons étudié l'action du trifluorure de bore, pur ou à l'état d'éthérate, sur divers aldéhydes, notamment sur le butanal et le benzaldéhyde; notons que, sauf indication contraire, nous avons opéré sans solvant.

Cas du butanal. — La réaction avec le trifluorure de bore est très exothermique; afin de la modérer nous l'avons conduite à — 40°; l'absorption correspond à 0,66 mole de trifluorure de bore par mole de butanal; il ne se produit pas de cristallisation et la distillation, même sous pression réduite, est accompagnée d'une décomposition partielle, et ne nous a pas donné de fraction nette correspondant au produit d'addition.

Nous avons d'autre part fait agir l'éthérate de fluorure de bore qui, dans le cas des cétones, réagit lentement à la température ordinaire en donnant, entre autres, le produit d'addition : dans le cas du butanal on

(9) R. Kuhn et K. Wallenfels, *Ber. der. chem. Ges.*, 71, 1938, p. 783.

(10) F. Strauss, K. Kollek et H. Hauptmann, *Ber. der. chem. Ges.*, 63, 1930, p. 1886.

(1) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 333; *Bull. Soc. Chim. M*, 1954, p. 292 et 555.

(2) *Comptes rendus*, 86, 1878, p. 1463.

(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 61, 1939, p. 678.

observe une coloration du milieu réactionnel accompagnée d'un dégagement de chaleur beaucoup plus important que dans le cas des cétones et il n'a pas été possible d'isoler le complexe primaire.

Cas du benzaldéhyde. — Lorsqu'on fait barboter le trifluorure de bore dans le benzaldéhyde à — 25° on observe la formation d'un produit cristallisé puis la prise en masse du milieu; par essorage on isole des aiguilles blanches se décomposant peu à peu à l'air mais se conservant un certain temps dans un flacon bouché; le corps constitue le produit d'addition normalement attendu (complexe primaire); il fond en se décomposant à 95-100°; il est un peu soluble dans le tétrachlorure de carbone chaud d'où il reprécipite par refroidissement.

Ce corps a également pu être obtenu en faisant agir l'éthérate de trifluorure de bore sur le benzaldéhyde à la température ordinaire.

Autres cas. — Avec les aldéhydes α-éthyléniques la réaction est encore plus violente qu'avec les aldéhydes saturés : ainsi en mélangeant l'éthérate de fluorure de bore et l'aldéhyde crotonique à la température ordinaire on observe un échauffement accompagné d'une polymérisation immédiate et, bien entendu, il n'est pas possible d'isoler le complexe primaire.

En mélangeant l'aldéhyde paratoluique et l'éthérate de fluorure de bore à la température ordinaire on observe la prise en masse immédiate du mélange, mais en opérant dans le benzène on obtient un produit cristallisé blanc, d'ailleurs peu stable, correspondant au complexe primaire.

Avec l'anisaldéhyde et l'éthérate de fluorure de bore, sans solvant ou dans le benzène, on obtient le complexe primaire sous la forme d'un précipité cristallin incolore assez stable.

Avec le paradiméthylaminobenzaldéhyde en solution dans le benzène et l'éthérate de fluorure de bore on obtient le complexe primaire sous la forme d'un produit cristallisé jaune, peu stable, se décomposant peu à peu à l'air en donnant un produit visqueux.

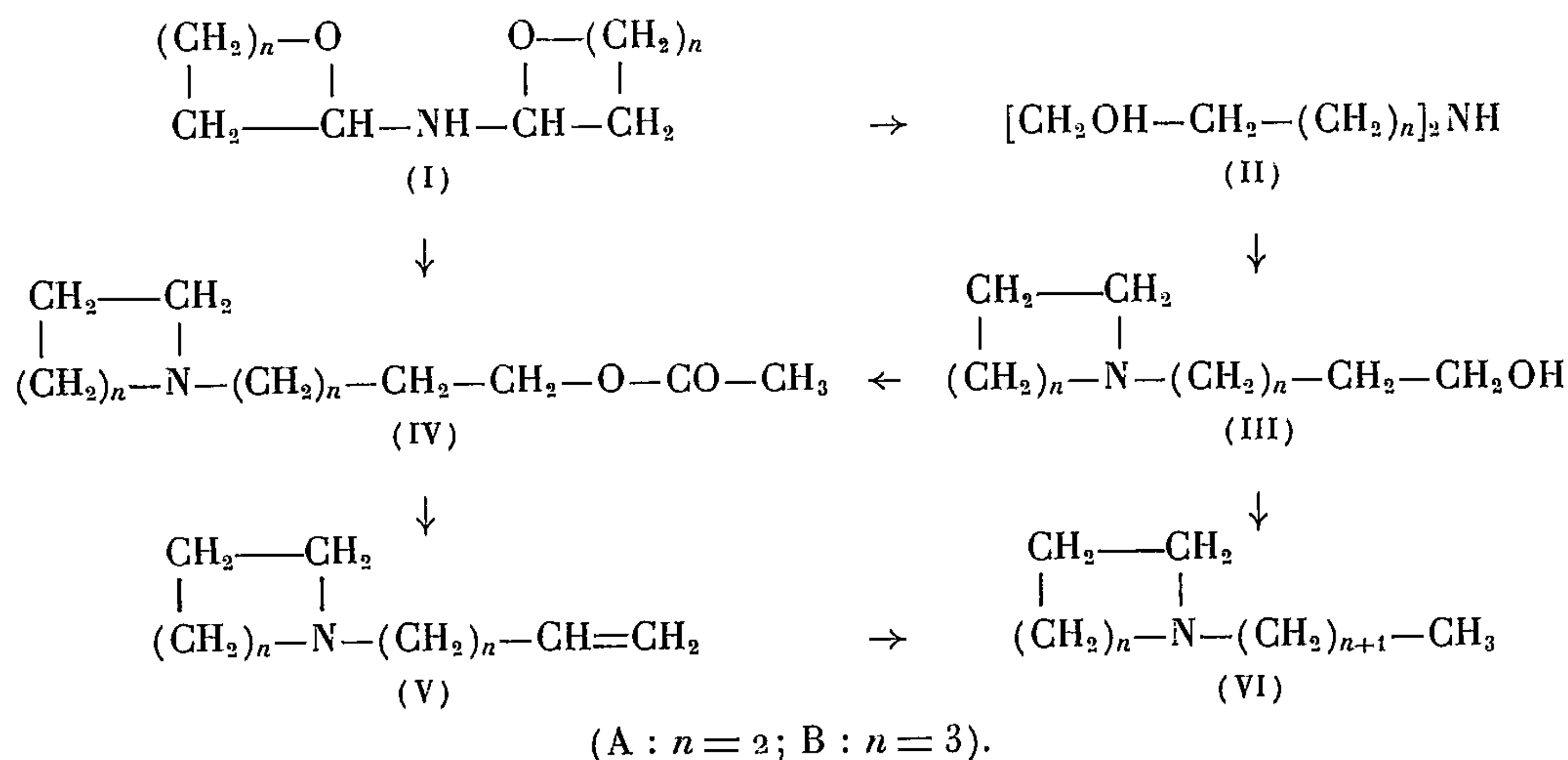
Avec l'aldéhyde phénylacétique il n'a pas été possible d'isoler le produit primaire par suite de la polymérisation.

En conclusion on peut dire que le trifluorure de bore réagit vivement sur les aldéhydes; dans certains cas on peut isoler un produit d'addition molécule à molécule (complexe primaire) et dans d'autres cas l'aldéhyde se polymérise complètement si bien qu'il n'est pas possible d'obtenir le complexe primaire : avec le triméthylacétaldéhyde, le benzaldéhyde et les aldéhydes aromatiques juxtanucléaires on isole facilement le complexe primaire, mais avec les aldéhydes hydrogénées en position α par rapport au groupe fonctionnel, l'acétaldéhyde, le butanal, l'aldéhyde phénylacétique, c'est la polymérisation qui l'emporte, même à basse température, même en remplaçant le trifluorure de bore par son complexe éthéré.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et déshydratation de dialcoylolamines.* Note de M. **Charles Glacet** et Mlle **Thérèse-Marie Deram**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'hydrogénation sur Ni Raney de la *di* (tétrahydrofuryl) et de la *di* (tétrahydropyryl) amine est une excellente méthode de préparation de la *di* (ω-hydroxybutyl) amine et de la *di* (ω-hydroxyamyl) amine. La déshydratation sur alumine permet de passer aisément aux N-alcoylol pyrrolidine et pipéridine que l'on déshydrate en ω-pyrrolidinobutène-1 et ω-pipéridinopentène-1 par pyrogénation des esters acétiques.

Nous avons précédemment indiqué (1) que l'hydrogénation par l'alcool et le sodium permet de passer de la *di* (tétrahydropyryl) amine (I B) à la *di* (ω-hydroxyamyl) amine (II B) avec un rendement acceptable; les dialcoylolamines symétriques sont obtenues bien plus facilement par hydrogénation des α-amino-époxydes (I) sur Ni Raney. Ces hydrogénolyses ont été effectuées sous légère



surpression d'hydrogène, en solution 1/1 dans l'alcool absolu et en milieu N/4 en potasse. La *di* (tétrahydrofuryl) amine (I A) et la *di* (tétrahydropyryl) amine (IB) s'hydrogènent avec des vitesses voisines et conduisent respectivement à la *di* (ω-hydroxybutyl) amine (II A, rdt 85 %) et à la *di* (ω-hydroxyamyl) amine (II B, Rdt 96 %). Ces dialcoylolamines restent facilement en surfusion sous forme de liquides très visqueux; elles sont miscibles à l'eau et l'alcool peu solubles dans les esters.

Di (ω-hydroxybutyl) amine, $C_8H_{19}O_2N$: $\acute{E}_{0,7}$ 151°; n_D^{18} 1,4798; d_4^{18} 1,006. R. M. 45,52 (calculé 45,80). F 16-17° (cœur du distillat). Nombre d'hydrogènes mobiles déterminé par acétylation pyridinée : 3,04.

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 764.

Di (ω-*hydroxyamyl*) *amine*, $C_{10}H_{23}O_2N$: $É_{0,3}$ 157°; n_D^{21} 1,4810; d_4^{21} 0,960. R. M. 56,0 (calculé 55,0). F 44°,5 (de l'acétate d'éthyle additionné de 5 % d'alcool). Hydrogènes mobiles : 3,02. Trouvé % : C 62,70; H 12,14; N 7,39. Calculé % : C 63,49; H 12,17; N 7,40.

Ces deux dialcoylolamines sont déshydratées en phase liquide sur alumine à 230-260°. On limite facilement la réaction à l'élimination d'une molécule d'eau en réglant la pression de façon à distiller (III) à mesure qu'il se forme; la déshydratation de (II A) est un peu plus facile que celle de (II B).

ω-*pyrrolidinobutanol*-1, $C_8H_{17}ON$ (II A transformé 95 %; Rdt 94 %). $É_{14}$ 116°; $n_D^{21,5}$ 1,4718; $d_4^{21,5}$ 0,950. R. M. 42,19 (calculé 42,40). Liquide assez mobile, soluble dans l'eau. Les constantes sont voisines de celles qu'indique R. B. Moffett ([2]) qui l'a obtenu par une méthode moins commode.

Chloroplatinate de bispyrrolidinium, $PtCl_6(C_8H_{16}N)_2$: le pyrrolidinoalcool (III A) est transformé par HBr sec en bromhydrate d'aminoester bromhydrique d'où l'on passe au bromure de bispyrrolidinium selon ([3]); par action de l'hydrate d'argent on obtient la base ammonium quaternaire que l'on salifie par HCl; ce chlorure de bispyrrolidinium donne un chloroplatinate F 228-230° identique au dérivé de von Braun ([4]).

ω-*pipéridinopentanol*-1, $C_{10}H_{21}ON$ (II B transformé 87 %; Rdt 93 %). $É_{13}$ 140°; $n_D^{15,5}$ 1,4820; $d_4^{15,5}$ 0,945. R. M. 51,65 (calculé 51,64). Trouvé % : C 70,02; H 12,25; N 8,19. Calculé % : C 70,17; H 12,27; N 8,18. Liquide légèrement visqueux, peu soluble dans l'eau, dont le point d'ébullition a déjà été indiqué ([4]). Son picrate, F 67° (bloc), recristallise bien de la solution dans l'alcool isopropylique.

Par action sur (III) d'un léger excès d'anhydride acétique en solution 1/1 dans la pyridine on obtient les esters acétiques de ces aminoalcools; le solvant est chassé sous vide et le résidu traité à froid par un excès de solution de CO_3Na_2, il décante un liquide mobile que l'on distille.

Acétoxy-1 *pyrrolidino*-4 *butane* $C_{10}H_{19}O_2N$: Rdt 85 %. $É_{14}$ 116°; n_D^{21} 1,4509 d_4^{21} 0,9655. R. M. 51,68 (calculé 51,77).

Acétoxy-1 *pipéridino*-5 *pentane*, $C_{12}H_{23}O_2N$: Rdt 90 %. $É_{11,5}$ 137°,5; $n_D^{14,5}$ 1,4622, $d_4^{14,5}$ 0,955. R. M. 61,30 (calculé 61).

La pyrogénation sur laine de verre des dérivés acétylés (IV) fournit les amines éthyléniques (V) pratiquement exemptes d'isomères; le passage de (IV B) à (V B) a lieu sans difficulté à 510° (transformé 72 %, rdt 88 %); la transformation de (IV A) en (V A) s'effectue à température plus basse et avec un rendement plus faible (à 485° : transformé 90 %, Rdt 54 %).

Pyrrolino-4 *butène*-1, $C_8H_{15}N$: $É_{63}$ 80-81°; n_D^{19} 1,4560, d_4^{19} 0,844. R. M. 40,33 (calculé 40,41). ν Raman 1642-1644 cm⁻¹. Picrate, $C_{14}H_{18}O_7N_4$: F 108°,5 (bloc). N % trouvé 15,85, calculé 15,81.

([2]) *J. Org. Chem.*, **14**, 1949, p. 862.

([3]) VON BRAUN, BLESSING et ZOBEL, *Ber.*, **57**, 1924, p. 188.

([4]) *Ber.*, **49**, 1916, p. 973.

Pipéridino-5 pentène-1, $C_{10}H_{19}N$: $\acute{E}_{13}$ 75° en bon accord avec le point d'ébullition déjà connu ([5]); $n_D^{16,5}$ 1,4640, $d_4^{16,5}$ 0,845. R. M. 49,95 (calculé 49,66). ν Raman 1642 cm⁻¹. Picrate F 94° ([6]).

L'hydrogénation sur Ni Raney de ces aminoalcènes fournit quantitativement les dérivés saturés (VI) bien connus que l'on identifie par leurs picrates. La suite de transformations que nous venons de décrire constitue la meilleure méthode de préparation de la N-amyl pipéridine.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Mesure de la vitesse de dépôt des sédiments en suspension dans les eaux de la Loire*. Note (*) de MM. **Léopold Berthois** et **Pierre Stortz**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La vitesse réelle de dépôt des sédiments en suspension dans les eaux de la Loire a été mesurée par néphélométrie. Ces premières mesures limitées à des turbidités moyennes donnent, en fonction du temps, le pourcentage des sédiments déposés à la température de 25-26°.

Les prélèvements d'eau ont été faits dans le chenal de la Loire aux points suivants :

Nos	Lieu.	Profondeur (m).	Suspension initiale dans 1000 cm³ (mg).	Sel dans 1000 cm³ (g).
L³	Blanzy	1	75	0,05
45	Montoir	2	80	14,05
52	»	5	56	26,03
51	»	8	109,5	23,00

Pour mesurer la vitesse réelle de dépôt des sédiments en suspension, il était indispensable d'expérimenter sans disperser les sédiments et sans influencer le milieu.

Nos expériences ont été faites à la température de 25 à 26°.

Une balance de sédimentation ne donnant pas de résultats assez précis pour les faibles suspensions étudiées, nous avons adopté un dispositif néphélométrique à deux cellules photoélectriques, analogue à celui déjà décrit (1953) et étalonné de la même façon ([1]). Les modifications suivantes ont été apportées :

1° Les cellules ont été munies de conduits portant des écrans perforés permettant d'explorer une tranche d'eau d'environ 10 mm de hauteur.

2° L'ensemble constitué par la source lumineuse et les deux cellules pouvait

([5]) M. S. Kharash et Ch. Fuchs, brevet américain 2 409 287, 1946.

([6]) von Braun, Müller et Beschke, *Ber.*, 39, 1906, p. 4352.

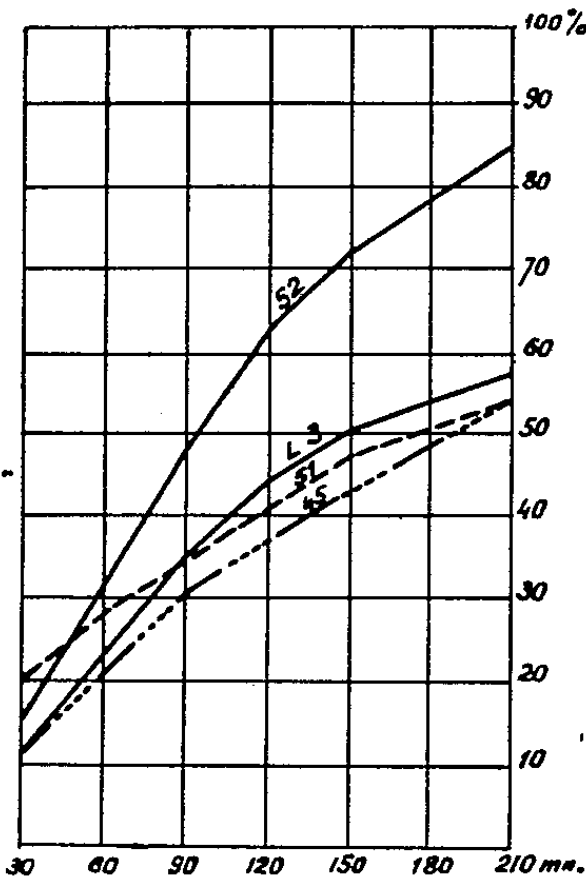
(*) Séance du 27 septembre 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 465.

se déplacer verticalement et parcourir toute la hauteur de la cuve à faces parallèles.

Nous avons mesuré les quantités de sédiments restant en suspension à différentes hauteurs après des temps variables, à des profondeurs croissantes de 30, 50, 70, 90 et 110 mm, toutes les 2 mn pendant 210 à 524 mn.

Nous avons construit pour chaque échantillon et pour chaque niveau étudié une courbe de sédimentation ([2]). Ces résultats ont permis de calculer les poids (en mg) des sédiments ayant parcouru des hauteurs de chute de 30, 50, 70, 90 et 110 mm en des temps échelonnés de 30 en 30 mn. Les vitesses de chute sont fonction du diamètre équivalent des particules et de leurs répartition granulométrique. Les poids des particules qui se sont déposées dans la cuve d'expérimentation, sont relativement constants pour les suspensions initiales de 75, 80 et 56 mg pour 1000 cm³.



Abscisses : Temps de dépôt en mn. — *Ordonnées* : Pourcentage du sédiment déposé (chute > 110 mm).

Dans le sédiment contenant initialement 109,5 mg pour 1000 cm³ le début du dépôt est beaucoup plus rapide, mais ensuite il se poursuit à un rythme analogue à celui des suspensions plus faibles. Les résultats sont les suivants :

Temps cumulés (mn)...	30.	60.	90.	120.	150	180.	210.
Suspensions initiales (75, 80 *et* 56 mg/1000 cm³) :							
Poids (mg) des sédiments déposés en 30 mn.....	8,0–8,5	8,3–9,0	7,5–9,2	5,3–8,8	4,2–4,7	2,7–4,6	2,5–4,6
Suspension initiale (109,5 mg/1000 cm³) :							
Poids (mg) des sédiments déposés en 30 mn.....	21,8	9,0	7,1	7,3	7,2	3,9	3,4

([2]) S. Mériaux, *Ann. Agron.*, 1954, n° 1, p. 5-59; n° 2, p. 149-205.

Les pourcentages des sédiments déposés, par rapport à la turbidité initiale de la suspension, sont représentés par les courbes du graphique. Les numéros des courbes sont ceux des prélèvements indiqués au début de cet exposé.

Les courbes L^3, 45 et 51 des suspensions contenant respectivement 75, 80 et 109,5 mg pour 1 000 cm^3 sont bien groupées, la sédimentation s'effectue dans des conditions analogues malgré d'importantes différences de salinité. Le sédiment n° 52 qui possède une salinité très voisine du n° 51 dépose, dans le même temps, une proportion beaucoup plus importante de ces éléments.

Conclusion. — Ces premières recherches, limitées à des suspensions de turbidité moyenne montrent :

1° Qu'en 30 mn les sédiments déposés représentent 10 à 20 % de la suspension et qu'en 90 mn le dépôt atteint 30 à 50 % ;

2° Dans les limites de turbidité de 56 à 80 mg pour 1 000 cm^3 la répartition granulométrique des particules est assez constante. La suspension de 109,5 mg pour 1 000 cm^3 (n° 51) renferme 20 % de particules plus volumineuses qui se déposent rapidement, mais la granulométrie des particules plus fines est analogue à celle des autres suspensions;

3° A la température de 25-26°, l'influence de la salinité sur la sédimentation semble fortement atténuée. De nouvelles expériences sont en cours pour le préciser.

PALÉONTOLOGIE HUMAINE. — *L'Hominien fossile de Ternifine (Algérie).* Note de M. **Camille Arambourg**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Les restes humains que nous avons recueillis en association avec une industrie de type chelléen, dans le niveau de base du gisement préhistorique de Ternifine (Palikao) [1], consistent en deux mandibules adultes. La première comprend tout le corps mandibulaire avec symphyse et partie de la branche montante ainsi que prémolaires, molaires et deux incisives; la seconde se réduit à la branche gauche complète avec symphyse, branche montante et la série dentaire sauf canine et incisives. Ces deux pièces, remarquables par leur grande taille et par leur robustesse, réunissent, malgré quelques différences de détail d'ordre probablement sexuel, un ensemble de caractères qui permettent de les attribuer indubitablement à un Hominidé primitif appartenant au même stade évolutif que les Pithécanthropiens asiatiques.

Le corps mandibulaire est particulièrement robuste, il atteint et même dépasse en dimensions absolues les plus grands spécimens du Sinanthrope ; la branche horizontale a ses deux bords parallèles et présente, surtout sur le sujet n° 1 (qui rappelle à cet égard, en plus petit, *Meganthropus* de Java), un fort épaississement (*torus marginalis*) de son bord inférieur,

---

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 72.

sur lequel les tubercules marginaux antérieur et postérieur sont bien marqués. Le trou mentonnier, double sur le sujet n° 1, simple sur le n° 2, s'ouvre au niveau de l'intervalle des deux prémolaires. La symphyse est fortement fuyante et épaisse ; celle du n° 2 présente sur sa face frontale un *trigonum mentale* au même état de développement que celui du *Sinanthropus* HI. Sur sa face linguale, le plan alvéolaire est fortement incliné, un peu concave vers le haut mais, de même que chez le *Pithecanthropus erectus* B, ne s'épaissit point en *torus transversus* comme chez le Sinanthrope. Le *foramen supraspinosum* s'ouvre, chez le sujet n° 2, au fond d'un légère fossette génioglosse et à un niveau plus élevé que chez le Sinanthrope. De même que chez ce dernier et chez les Hommes plus récents, l'échancrure sous-mentionnière est, sur le sujet n° 2, divisée en deux parties par une saillie interdigastrique. Les fosses digastriques. relativement courtes, sont situées sur la face inférieure de la région symphysaire, mais y occupent — du moins sur le spécimen n° 2 — une position légèrement oblique qui intéresse partiellement la face linguale, caractère évoquant ainsi, dans une certaine mesure, la disposition observée chez certains Néanderthaliens. La branche montante du sujet n° 2, large et basse, est relativement plus massive que celle de *Sinanthropus*, mais moins que celle de la mandibule de Mauer.

L'arc dentaire est parabolique et se superpose à peu près exactement à celui du *Sinanthropus* GI; il est remarquable, comme chez les Pithécanthropiens, par le grand développement relatif de sa partie antérieure correspondant à la denture de remplacement, par rapport à sa longueur totale.

Les dents, aussi bien par leur macrodontie générale, leur brachyodontie, leurs proportions, que par leurs détails structuraux, sont presque identiques à celles du Sinanthrope. Les prémolaires, remarquables par leur grosseur, présentent à leurs bords mésial et distal, un bourrelet cingulaire oblique nettement marqué. La première (P_3) comprend une cuspide principale comprimée qui forme toute la face vestibulaire, et une cuspide linguale plus basse; l'axe vestibulo-lingual passant sur ces deux cuspides est oblique à l'axe mésio-distal; sa racine est partiellement bifide, avec les deux cavités pulpaires séparées. Les molaires ont une couronne basse dont les faces — surtout la labiale — sont fortement convexes et montrent des traces de bourrelet cingulaire; de légères sinuosités verticales espacées s'observent vers le bord oral. La dernière molaire est un peu plus courte que chacune des deux premières. M_2 et M_3 comprennent six cuspides parmi lesquelles le métaconide est le plus développé et entre en contact avec l'hypoconide, ce qui donne au dessin des sillons principaux de la face orale la structure en Y caractéristique des Anthropomorphes et des Pithécanthropiens. Tout l'émail de la face orale de ces dents — de même que de celle de P_4 — est couvert de nombreuses ridules.

Mensurations principales comparées. (En millimètres).

	Ternifine		*Sinantropus*		*Pithecanthropus*
	1.	2.	GI.	HI.	B.
Longueur mandibulaire..........	110	110	103	94	
Hauteur du corps après M_1.......	35	34	34	26	33,7
Épaisseur......................	19	16	16,4	15,4	16,5
Hauteur de la symphyse.........	39	35	40	31,5	38
Angle alvéolo-symphysaire.......	62°	64°	59°	60°5	55°
Hauteur de la branche montante..		72	74	61	
Largeur » » ..		45	40	39	
Longueur P_3-P_4................	17	18	18	15	17
» M_1-M_3....	39	42	38	33 (alv.)	40
Diamètres de canine (alvéoles)...	7,5 × 9	7 × 10	9 × 10,4	8,5 × 8,7	5 × 8

Tous ces caractères dentaires coïncident à peu près exactement avec ceux des Pithécanthropiens et plus particulièrement avec ceux du Sinanthrope. Les alvéoles des canines, par leurs grandes dimensions, confirment aussi ce dernier rapprochement.

En résumé, les caractères des restes humains de Ternifine ne peuvent laisser aucun doute quant à la position évolutive des êtres dont ils proviennent, et qui représentent, en Afrique, le stade pithécanthropien de la série humaine. C'est la première fois qu'est constatée dans le Monde, l'association directe de représentants de ce stade avec une industrie de type chelléen, et ainsi se trouve résolu objectivement le problème de la nature des premiers artisans des industries à bifaces qui vivaient au début du Pléistocène moyen, il y a 500 000 ans environ.

Toutefois l'hominien de Ternifine ne paraît rigoureusement identique, ni aux Pithécanthropes, ni au Sinanthrope; il présente, dans certains détails de son corps mandibulaire, quelques traits qui lui paraissent propres, mais qui évoquent, dans une certaine mesure, une tendance vers un stade plus progressif. Pour cette raison, et en attendant de le connaître plus complètement, je proposerai de désigner cet Hominien sous le nom provisoire de « *Atlanthropus mauritanicus* ».

GÉNÉTIQUE. — *Sur la longévité des souches de* Podospora anserina *cultivées à diverses températures*. Note de Mlle **Denise Marcou**, présentée par M. Roger Heim.

La longévité des souches de *Podospora anserina*, en croissance continue, dépend de la température à laquelle sont effectuées les cultures. Elle se montre d'autant plus faible que la température est plus élevée. Les résultats obtenus suggèrent de plus qu'à une température non précisée, mais inférieure à 16°, il est peut-être possible d'obtenir une croissance infinie du mycélium.

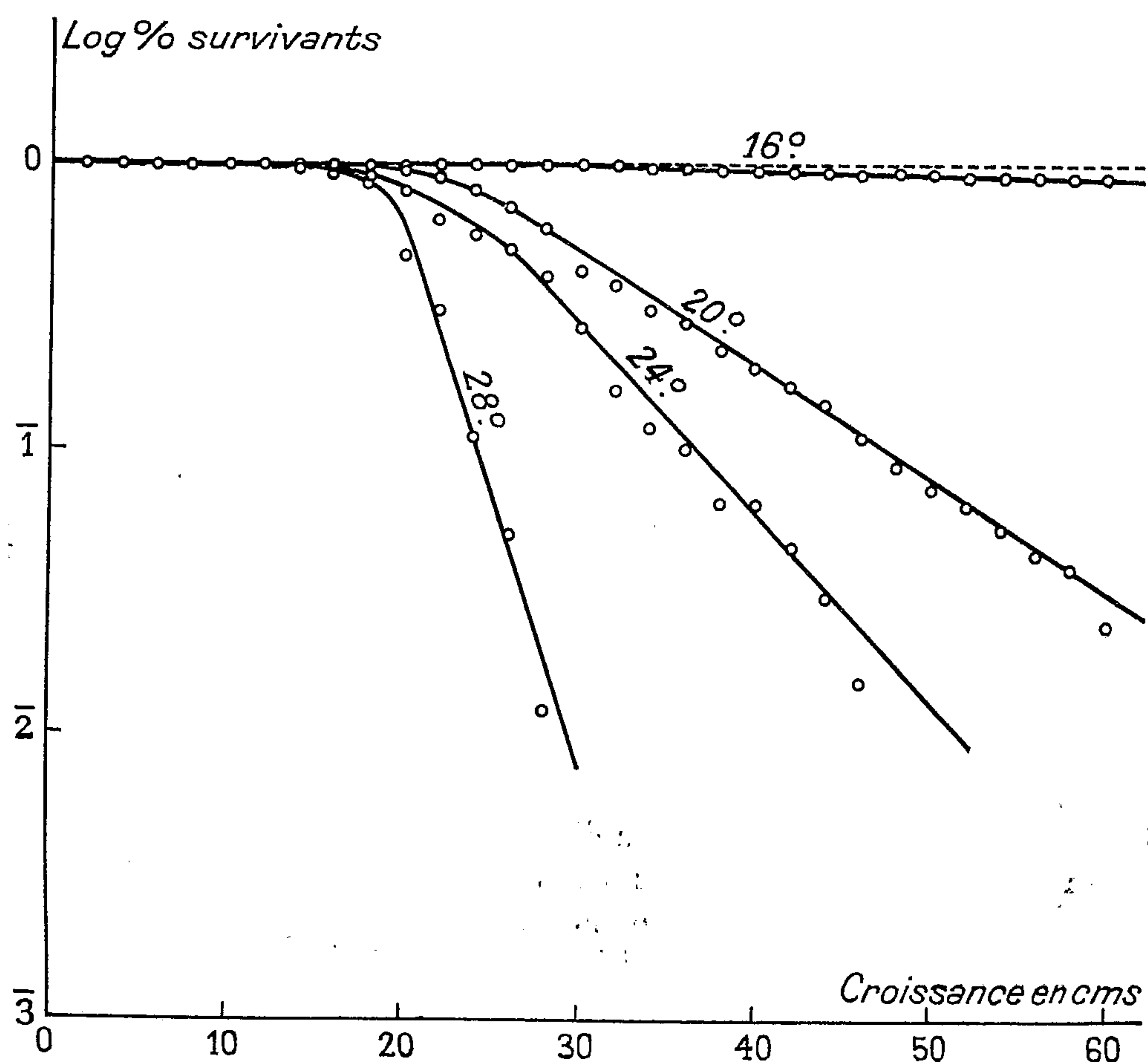
Les souches de *Podospora anserina*, maintenues en croissance continue, n'ont pas une longévité infinie (1). On a même pu établir pour chaque souche et dans des conditions données des courbes de longévité en étudiant, à partir d'un même mycélium issu d'une ascospore uninucléée, le comportement de nombreuses lignées jumelles (2).

Au cours de ces études, il est apparu que la température n'était pas sans influence sur la rapidité d'apparition de la sénescence; aussi nous a-t-il paru intéressant de préciser l'action de ce facteur.

Les expériences réalisées ont été effectuées de la manière suivante : le mycélium, issu d'une ascospore uninucléée, est divisé dès l'origine en un grand nombre de semis, qui constituent le point de départ d'autant de lignées jumelles que l'on repique séparément et que l'on cultive à des

(1) G. Rizet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 838.
(2) G. Rizet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1106.

températures variées. Ainsi, la souche 273 a fourni 560 lignées jumelles qui, par groupes de 140, furent mises à croître en même temps respectivement à 16, 20, 24 et 28°. Les semis sont toujours prélevés sur le pourtour des cultures précédentes, et immédiatement avant le repiquage, on mesure la longueur du mycélium formé (du semis au bord de la culture). On fait le total des longueurs correspondantes ainsi obtenues et on considère que ce total mesure la croissance maximum de la lignée. Pour chaque température, on peut traduire graphiquement les résultats par une courbe (*fig.* 1) en portant en abcisses la croissance obtenue et en ordonnées le logarithme du pourcentage des lignées dont la croissance continue.



Ainsi pour la souche 273 déjà citée et les températures de 16, 20, 24 et 28°, cette technique a conduit aux courbes représentées par la figure 1.

L'examen de cette figure appelle un certain nombre de remarques.

a. Les quatre courbes obtenues présentent la même forme générale : un palier, puis une incurvation suivie d'une droite.

b. Lorsqu'on passe de 28 à 16°, le palier s'allonge, c'est-à-dire que les premiers morts apparaissent de plus en plus tardivement et la pente des droites diminue, c'est-à-dire que les morts sont de plus en plus dispersés dans le temps. D'autres résultats obtenus à 36° sont tout à fait en accord avec les précédents. Ils se traduiraient par un palier extrêmement court et une droite voisine de la verticale, c'est-à-dire qu'à cette température les diverses lignées vivent très peu de temps et meurent presque toutes au même moment.

c. Les abscisses mesurant l'allongement maximum des filaments, il est clair, à la seule observation des courbes que la mort ne survient pas après une croissance définie, mais après des croissances moyennes d'autant plus grandes que la température est plus basse.

d. Les résultats obtenus à 16° sont très suggestifs : à cette température, la droite obtenue est très voisine de l'horizontale. Si l'on tient compte de l'ensemble des courbes obtenues, ceci suggère qu'à une température légèrement plus basse la pente de la droite serait nulle, ce qui revient à dire que l'on aboutirait peut-être à une longévité infinie.

Nous rapporterons d'autres résultats qui confirment cette possibilité.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude des concrétions minérales chez les végétaux*. Note de Mme **Léone Walter-Lévy** et M. **René Strauss**, présentée par M. Paul Pascal

Nous avons examiné des fragments de végétaux, à l'aide d'un monochromateur de rayons X Guinier, de manière à identifier leurs concrétions minérales sans altérer l'échantillon.

Sels de calcium. — Chez les végétaux, le calcium se rencontre principalement sous forme d'oxalate, de carbonate et parfois de sulfate.

1. *Oxalate de calcium*. — L'oxalate peut présenter deux degrés d'hydratation : *a*. C_2O_4Ca, H_2O. Nous avons pu identifier par son spectre cet hydrate dans la feuille de *Viscum album*, la gousse de *Pisum sativum*, l'écorce de *Rhamnus Frangula*, la feuille d'*Hedera helix*, la racine de *Rheum*. La feuille de *Rheum*, la gousse de *Pisum*, ainsi que la feuille et la tige d'*Æsculus Hippocastanum* donnent des raies supplémentaires.

Les distances réticulaires et les intensités correspondantes (1), pour le diagramme relatif à la racine de rhubarbe sont les suivantes :

FF 6,00; f 5,82; f 4,55; f 3,79; F 3,65; ff 3,10; f 3,00; F 2,97; f 2,92; f 2,84; m 2,49; f 2,34; m 2,26; f 2,21; f 2,07; f 1,98; f 1,95; f 1,93; f 1,89; ff 1,85; ff 1,84; ff 1,81; ff 1,79; f 1,73.

(1) Suivant les notations habituelles, les intensités, dans l'ordre décroissant, sont désignées par les lettres FF, F, m, f, ff, fff.

Elles coïncident avec celles des raies les plus intenses de l'oxalate précipité en milieu neutre (*voir* aussi 2).

b. $C_2O_4Ca, 3H_2O$. Parmi les végétaux susceptibles de contenir de l'oxalate cristallisé, nous avons étudié divers *Allium* (*cepa*, *sativum*, *Ascalonicum*), *Begonia rex*, *Mucor mucedo*.

Le diagramme de l'écaille d'*Allium cepa* est constitué par des raies nettes si l'on fait tourner l'échantillon, par des taches si on laisse celui-ci fixe, ce qui est l'indice d'une dimension notable des cristaux. Divers oignons (blanc, jaune paille, rose, rouge foncé) ainsi que l'ail, donnent des spectres identiques :

F 6,22; m 4,43; f 3,90; f 2,82; f 3,68; f 3,09; FF 2,77; F 2,40; m 2,23; ff 2,02; f 1,95; m 1,88; m 1,83; ff 1,80; ff 1,75; ff 1,69; ff 1,56; ff 1,49; ff 1,41; fff 1,38.

Ces constantes correspondent à celles de l'oxalate trihydraté (hydrate B), obtenu par voie chimique ([2]).

Dans les spectres relatifs aux autres végétaux, on retrouve toujours la même position des raies, mais des différences d'intensité apparaissent parfois. Les feuilles de *Solanum dulcamara* et de *Vitis vinifera*, que l'on considère dans les traités classiques comme contenant des cristaux d'oxalate, présentent des spectres très nets, mais non identifiés.

2. *Carbonate de calcium*. — Le carbonate de calcium est particulièrement abondant chez les Algues, comme l'ont signalé divers auteurs en se basant sur des méthodes analytiques et tout récemment sur l'emploi des rayons X ([3]).

Les diagrammes de six espèces d'algues marines récoltées et étudiées au cours du printemps 1952, s'identifient soit à celui de la calcite, soit à celui de l'aragonite. Ces deux variétés de carbonate se trouvent aussi bien chez les Rhodophycées que chez les Chlorophycées, comme le montrent les indications groupées ci-après :

Rhodophycées	Némalionales	Helminthocladiacées	*Liagora viscida*	Calcite
	Cryptonémiales	Corallinacées	*Corallina mediterranea*	
			Amphiroa rigida	
			Tenarea tortuosa	Aragonite
Chlorophycées	Siphonocladales	Dasycladacées	*Acetabularia mediterranea*	
	Siphonales	Codiacées	*Halimeda Tuna*	

Ainsi, dans une même famille (Corallinacées), on rencontre la calcite et l'aragonite, mais il ne semble pas que celles-ci puissent coexister dans une même espèce.

([2]) J. Lecomte, T. Pobéguin et J. Wyart; *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 808; T. Pobéguin, *Ann. Sc. Nat.*, 2e série Botanique, 4, 1943.

([3]) Th. Pobéguin, Communication à la Société de Minéralogie du 13-5-1954.

3. *Sulfate de calcium* : $SO_4Ca, 2 H_2O$. — Un ensemble de raies nettes apparaît dans les spectres de divers Equisetum provenant de régions variées : Laon (1950), Metz, Royaumont, Ceilhes, Champsaur, La Mure (1954).

Les distances réticulaires et les intensités suivantes, relatives à ces spectres, peuvent être identifiées à celles correspondant aux raies les plus intenses du gypse naturel (La Mure) ou artificiel ([4]) F 7,68; FF 4,30; fff 3,82; F 3,07; m 2,88; ff 2,80; m 2,68; f 2,60; f 2,51; ff 2,45; ff 2,21; ff 2,08; ff 1,89; ff 1,86; ff 1,81; ff 1,77; ff 1,66.

Par ailleurs, l'analyse révèle dans les rameaux en verticille d'Equisetum séchés à l'air, des quantités notables de silice, de calcium et 0,8 à 2,1 % de soufre. Ces dernières données peuvent se traduire par une teneur de 4,3 à 11,3 % en $SO_4Ca, 2H_2O$, ce qui justifie les diagrammes obtenus, dont les intensités augmentent avec la proportion de soufre.

Concrétions siliceuses. — La silice forme des concrétions qui se déposent généralement à l'intérieur de la membrane cellulaire. Les exemples les plus remarquables de silicification sont fournis par les diatomées, les prêles et les graminées. Parmi ces dernières, le blé, l'orge, l'avoine, le maïs, l'alfa, le roseau n'ont donné aucun spectre X. Les spectres de diatomées provenant de localités diverses, débarrassées de leur matière organique, présentent parfois des raies faibles du quartz. Des raies variables, non identifiées apparaissent parfois à côté de celles du gypse dans le spectre des prêles.

Ainsi les concrétions siliceuses des plantes examinées jusqu'ici semblent trop peu cristallines pour être reconnues à l'aide de rayons X, alors que les sels de calcium sont souvent décelables *in situ*. Les diagrammes sont particulièrement nets pour les oxalates de la rhubarbe, de l'oignon, du bégonia, la calcite et l'aragonite des algues, le gypse des prêles.

TECHNIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Dispositif optique permettant la composition rectangulaire des rotations de deux équipages mobiles à miroir.* Note de M. **Alexandre-Marcel Monnier** et Mme **André E. Monnier**, présentée par M. Léon Binet.

Les instruments enregistreurs à miroir sont de plus en plus utilisés en Physiologie. Actuellement, en effet, maintes variables d'intérêt physiologique (par exemple la pression sanguine, la température, le pH, la tension d'oxygène) sont commodément traduites en grandeurs électriques susceptibles d'actionner des galvanomètres ou des électromètres à miroir.

Il est souvent utile d'exprimer une variable en fonction d'une autre. Ceci revient à effectuer la composition rectangulaire des déviations des

([4]) J. D. Hanawalt, H. W. Rinn et L. K. Frevel, *Ind. et Eng. Chem.* (*anal. ed.*), 10, p. 480.

faisceaux lumineux respectivement produites par les rotations des miroirs de deux instruments. Cette opération est, avec avantage, immédiatement réalisée par l'appareillage classique suivant : Soient deux instruments dont les miroirs tournent autour d'un axe vertical, ce qui est la règle. Le faisceau issu du miroir d'un des instruments traverse tout d'abord un dispositif ayant pour effet d'amener ses déviations à se faire dans un plan vertical. Un prisme réverseur incliné à 45° ou un train de miroirs fixes remplissent ce rôle. Le faisceau se réfléchit ensuite sur le miroir du second instrument avant de se projeter sur un papier photographique, par exemple. La composition rectangulaire des rotations des deux miroirs est ainsi assurée, mais la déviation angulaire due à la rotation du premier miroir est fort limitée. Elle ne peut excéder l'angle D/d, D étant le diamètre du second miroir et d la distance entre les deux miroirs. Pour accroître la déviation il faudrait rapprocher les deux miroirs, ce que la dimension des instruments et la présence intermédiaire du prisme réverseur ne permettent point. On est alors conduit à munir le second instrument d'un miroir de grand diamètre ce qui exclut de la combinaison la plupart des appareils usuels. Le procédé décrit dans la présente Note permet au contraire d'associer des instruments munis de très petits miroirs (*fig.* 1).

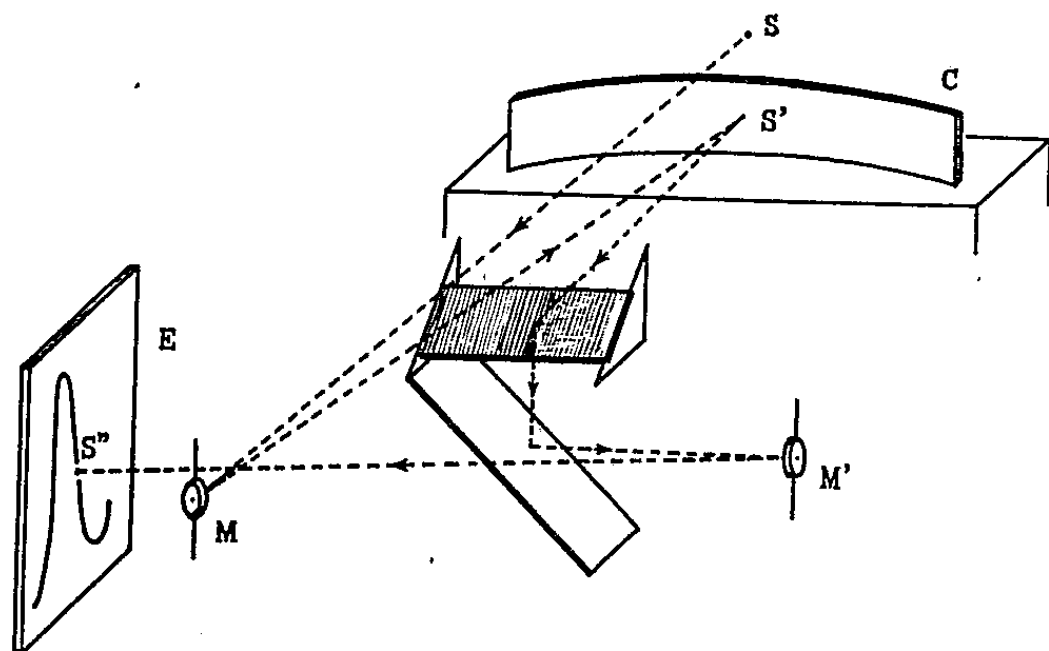


Fig. 1.

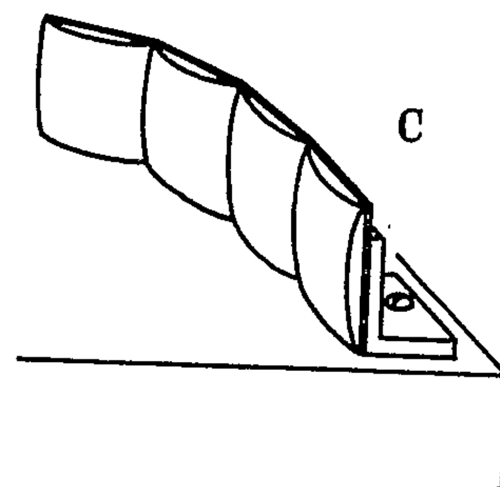


Fig. 2.

Une source lumineuse S, sensiblement ponctuelle, est placée à une distance du miroir concave M d'un des instruments, égale au rayon de courbure de ce miroir (1 m en général). Une image S′ de la source est ainsi formée par ce miroir à la même distance. Lorsque l'équipage de cet instrument tourne, l'image S′ décrit un arc de cercle situé dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation de l'équipage et dont le centre de courbure se place sur cet axe. A l'endroit de l'arc de cercle ainsi défini, on dispose un miroir sphérique C de même rayon de courbure. Ce miroir

peut être limité à une étroite zone sphérique. Nous en indiquons plus loin une réalisation économique. Le miroir C renvoie le faisceau lumineux sur un miroir plan incliné à 45° lequel dirige le faisceau vers le bas. Un second miroir plan, également à 45°, renvoie le faisceau latéralement sur le miroir M′ du second instrument. Ce train de miroirs plans fait tourner le faisceau de 90°, de sorte que, vu du miroir M′, le miroir C paraît disposé verticalement. Tout se passe, pour ce dernier instrument, comme si l'image S′ se déplaçait verticalement sous l'effet de la rotation du miroir du premier équipage. Comme cette image S′ sert de source lumineuse pour le second instrument, les coordonnées de l'image finale dépendent respectivement des rotations des deux équipages. Un papier photosensible E disposé dans son plan permet à cette image de tracer la courbe désirée. Ce dispositif s'applique évidemment quel que soit le diamètre des miroirs des équipages, comme le montre la figure 1.

Le miroir sphérique C, même limité à une étroite zone, serait coûteux en raison de sa grande dimension. Toutefois on peut, sans inconvénient, lui donner une structure discontinue. En effet l'image intermédiaire S′ se formant sur le miroir C, la convergence de ce dernier n'influe pas sur la netteté de l'image définitive S″. En conséquence la qualité optique du miroir C importe peu. Il suffit qu'en tous ses points ce miroir permette de concentrer une partie importante du faisceau lumineux sur le miroir du second instrument. C'est pourquoi il est possible de donner au miroir C une structure discontinue. On peut le réaliser au moyen d'une succession de miroirs concaves de 1 m de rayon de courbure disposés en arc de cercle. Il est encore plus simple de le constituer par une suite de lentilles convergentes plan convexes, d'une dioptrie, découpées en carré, argentées sur leur face plane, et juxtaposées également en arc de cercle. En les collant sur des cornières en plomb fixées sur une planche, il est facile d'orienter convenablement chacune d'elles (*fig.* 2). L'image finale reste inaltérée au cours du déplacement de l'image intermédiaire S′ pour peu que la largeur de celle-ci excède quelque peu le petit intervalle entre deux lentilles adjacentes.

L'ensemble de ce dispositif a été utilisé, notamment, pour l'établissement du diagramme électrotitration-néphélométrie des solutions protidiques, défini par Andrée Monnier (1), (2), (3) et qui requiert l'emploi d'un galvanomètre et d'un électromètre respectivement associé à une cellule photoélectrique et une électrode à pH.

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 1353.
(2) *J. Physiol.*, 45, 1953, p. 194.
(3) *J. Physiol.*, 46, 1954, p. 472.

PHYSIOLOGIE. — *Effets de la carence en biotine sur certaines glandes endocrines au cours du développement post-natal du Rat.* Note de M. **Paul Delost** et Mlle **Thérèse Terroine**, présentée par M. Robert Courrier.

Les différentes phases de la carence en biotine provoquent des altérations de l'appareil génital du Rat mâle pouvant aller jusqu'à une régression du développement du testicule dans la période prémortelle de carence. La surrénale et la thyroïde ne semblent, à aucun moment, modifiées dans leur développement.

La carence en biotine est caractérisée chez le Rat par trois symptômes : un œdème des paupières dessinant des « lunettes » autour des yeux; une alopécie souvent généralisée à tout le corps, et, en fin de carence, une démarche anormale donnant à l'animal le port d'un « kangourou ».

L'origine de ces symptômes étant encore ignorée, nous avons recherché s'il est possible d'établir des rapports entre leur apparition puis leur aggravation au cours de la carence en biotine et des modifications histophysiologiques de la *thyroïde*, des *surrénales* et des *gonades*.

Trois lots de rats mâles albinos Wistar pesant 40 g et âgés d'un mois environ sont soumis respectivement à l'un des régimes suivants : un régime de carence en biotine dont la composition a été donnée antérieurement [1] (C); un régime témoin normal fourni *ad libitum* (T); un régime normal identique au précédent mais *donné en quantité restreinte* égale à celle que consomment les rats carencés (T. R.). Ces deux régimes ne diffèrent du régime carencé que par l'addition d'une quantité convenable de biotine.

Les animaux sont sacrifiés, pour les examens histologiques, après une durée de traitement variant de une à onze semaines.

Les phases essentielles de l'évolution pondérale comparée du corps et des organes étudiés (sauf la thyroïde) sont condensées dans le tableau ci-après.

Les données précédentes, jointes aux examens histologiques, permettent d'établir dans la carence en biotine les faits suivants :

1° L'absence de tout changement significatif, par rapport aux deux groupes d'animaux témoins, dans le développement pondéral des *surrénales*, ainsi que dans la structure histologique de ces glandes et de la *thyroïde*.

2° L'apparition dans le *testicule* de modifications profondes comprenant trois stades : le premier est caractérisé par un développement pondéral très ralenti du testicule, par l'absence de spermatozoïdes alors

[1] *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2265.

que ceux-ci apparaissent dès la troisième semaine de traitement chez les animaux normaux et, enfin, par une très faible activité de la glande interstitielle. Cette phase correspond aux cinq premières semaines d'installation de la carence dans laquelle les symptômes cutanés sont encore nuls ou modérés; dans le second stade, le poids du testicule subit une augmentation qui est cependant inférieure à celle de l'animal normal, les spermatozoïdes apparaissent mais la glande interstitielle est faiblement active. Ce stade s'observe à la septième semaine de carence, c'est-à-dire dans la période de plein développement de celle-ci marquée par une alopécie sévère et l'apparition des troubles moteurs; le troisième stade, enfin, est un stade de régression. A partir de la neuvième semaine, dans la période prémortelle de la carence, le poids du testicule régresse, en effet, fortement, les tubes séminifères sont atrophiés et ne contiennent plus de spermatozoïdes.

Durée des régimes (semaines).	Nature des régimes.	Nombre des animaux.	Symptômes de carence.	Poids du corps (g).	Poids des deux surrénales (mg).	Poids d'un testicule (mg).	Poids des deux vésicules séminales (mg).
3...	T	1	–	82	20,5	423	4,5
	TR	2	–	70	24,5	248	19
	C	2	Nul	85	18	221	4
5...	T	1	–	133	21,5	643	66,5
	TR	2	–	94	25,7	538	34,7
	C	2	Nul	86	18,5	172	15,6
		4	Alopécie légère ou modérée « Lunettes » légères ou nettes	95	22,5	222	19
7...	T	1	–	167	25,3	991	364
	TR	2	–	117	27,5	865	57
	C	2	Alopécie de la 1/2 ou des 3/4 du corps « Lunettes » nettes	81	28,5	581	22
		2	Mêmes symptômes + « kangourou » léger	93	25	564	22
9...	T	2	Nul	207	28,7	1 350	629
	TR	2	–	132	25	905	69
	C	2	Alopécie de la 1/2 ou des 3/4 du corps « Lunettes » nettes « Kangourou » léger	70	24	142	5

Ces divers troubles semblent dus essentiellement à la carence en biotine *sensu stricto* et non à la diminution d'appétit inhérente à toute carence. En effet, le développement du testicule des témoins soumis à l'alimentation restreinte est voisin de celui de témoins nourris *ad libitum*; il est toutefois légèrement retardé à partir de la septième semaine.

Cette altération du testicule est-elle un symptôme indépendant de ceux déjà signalés dans la carence en biotine ou est-elle, en partie au moins, la cause de ceux-ci : c'est une question que nous nous réservons de discuter ultérieurement.

PHYSIOLOGIE. — *Antithrombine naturelle et cofacteur plasmatique de l'héparine.* Note de MM. **Meier Burstein** et **Jacques Loeb**, présentée par M. Léon Binet.

On sait qu'en présence d'un cofacteur plasmatique l'héparine s'oppose à la coagulation du fibrinogène par la thrombine ([1]). Dans un travail précédent ([2]) nous avons montré que cet effet antagoniste est lié à l'inactivation presque instantanée et irréversible d'une quantité relativement importante de thrombine par le plasma hépariné. Ceci suggère l'hypothèse de l'identité du cofacteur héparinique et de l'antithrombine naturelle, dont l'affinité pour la thrombine serait considérablement renforcée par l'héparine, d'où inactivation accélérée de la thrombine.

Nous avons effectué diverses expériences pour vérifier le bien-fondé de cette hypothèse. Nos essais ont porté sur le plasma oxalaté de bœuf défibriné par une faible quantité de thrombine. Le taux du cofacteur héparinique a été déterminé, soit par le pouvoir antithrombinique du plasma hépariné ([2]), soit par le temps de thrombine du plasma additionné de fibrinogène bovin, sous forme de la fraction I de Cohn. L'activité antithrombinique naturelle a été mesurée par la vitesse de disparition de la thrombine ajoutée au plasma défibriné. La thrombine utilisée renfermait 60 unités N. H. I./mg.

Les résultats de nos expériences étaient les suivants :

L'antithrombine et le cofacteur sont tous les deux thermolabiles (destruction après chauffage du plasma à 62° C).

Les deux sont adsorbés par le phosphate tricalcique *Baker* (élution possible du précipité par le citrate trisodique), ainsi que par l'hydroxyde d'aluminium.

Les deux sont extraits par le chloroforme à 10 %.

Les deux sont partiellement consommés au cours de la coagulation spontanée du sang, et la consommation est proportionnelle à la quantité de thrombine formée.

Les deux sont consommés après addition de thrombine au plasma défibriné.

Le fractionnement du plasma par la méthode de E. Cohn ([3]) montre

([1]) W. H. Howell et E. Holt, *Amer. J. Physiol.*, 47, 1918, p. 328.

([2]) M. Burstein, *Conférence sur les thromboses*, Bâle 1954.

([3]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 459.

que l'antithrombine et le cofacteur font partie de la fraction IV_1; les fractions I, II, III_W et V en sont exemptes.

Suivant les préparations, la fraction IV_1 contient par gramme de protéines cinq à dix fois plus d'antithrombine ou de cofacteur que le plasma. Pour étudier les effets de la fraction IV_1, nous l'avons ajoutée à un plasma débarrassé d'antithrombine et de cofacteur après adsorption par l'hydroxyde d'aluminium.

En conclusion, les essais de fractionnement, de thermostabilité, d'adsorption, d'extraction et de consommation ne permettent pas de distinguer entre l'antithrombine naturelle et le cofacteur héparinique. Il semble donc, contrairement aux conclusions d'Astrup et Darling ([4]), que l'antithrombine naturelle représente le cofacteur plasmatique de l'héparine.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'élimination d'acide allantoïque par quelques Insectes Lépidoptères*. Note de M. **Pierre Razet**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'élimination de l'acide allantoïque a été observée chez les Lépidoptères *Aglais urticæ* L. et *Vanessa io* L. à tous les stades, et chez *Euproctis phæorrhæa* HW. et *Tyria jacobææ* L. au stade larvaire. Il n'en est pas ainsi dans tout l'Ordre, l'acide allantoïque manquant chez d'autres espèces de Papillons.

L'acide urique a été souvent recherché, chez les Lépidoptères, aux divers stades de leur développement. Il a été mis en évidence, libre ou à l'état de sels, chez des chenilles ([1]), ([2]), ([3]), dans leurs excréments ([4]), ([5]), et leurs exuvies ([6]), chez des chrysalides ([3]), dans le méconium ([7]), ([8]), et chez des imagos ([3]), ([9]). Par contre, deux auteurs seulement ont recherché si tout ou partie de cette trioxypurine peut être réduit par voie enzymatique en des composés plus simples : Leifert ([10]), étudiant le métabolisme de *Antherea pernyi* Guér., a décelé chez cette espèce de l'uricase; et d'après Manunta ([11]), les chenilles de la race bivoltine de *Bombyx mori* L. posséderaient de l'allantoïnase et de

([4]) *Acta Physiol. Scand.*, 5, 1943, p. 13.

([1]) A. C. Hollande, *Arch. Zool.*, 5, 1914, p. 559-578.
([2]) Z. Kuwana, *Japan, J. Zool.*, 7, 1937, p. 305-309.
([3]) Auteurs divers, in N. S. R. Maloeuf, *Physiol. Rev.*, 18, 1938, p. 25-58.
([4]) A. C. Hollande et H. Cordebard, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 8, 1926, p. 631-635.
([5]) F. N. Schulz, *Biochem. Z.*, 156, 1925, p. 124-129.
([6]) P.-P. Grassé et L. Lesperon, *C. R. Soc. Biol.*, 122, 1936, p. 1013-1015.
([7]) A. Courtois, *C. R. Soc. Biol.*, 101, 1929, p. 365-366.
([8]) J. Heller et H. Aremowna, *Z. Vergl. Physiol.*, 16, 1932, p. 362-370.
([9]) J. Davy in P. Marchal, *Mém. Soc. Zool. Fr.*, 3, 1890, p. 31-87.
([10]) *Zool. Jahrb. Physiol.*, 55, 1935, p. 131-190.
([11]) *Hereditas (Suppl.) Suède*, 1949, p. 624.

l'allantoïcase. Nous-même avons cherché à localiser l'allantoïnase chez la Chenille de cette même espèce ([12]).

Continuant nos recherches sur les uréides glyoxyliques et leurs enzymes chez les Insectes ([13]), ([14]), nous avons constaté que l'acide allantoïque, résultant de l'action successive des enzymes uricase et allantoïnase sur l'acide urique, existe dans les excréments des chenilles de *Aglais urticæ* L., *Vanessa io* L., *Euproctis phæorrhæa* Hw., et *Tyria jacobææ* L. Nous l'avons également décelé dans les chenilles elles-mêmes. Enfin, en ce qui concerne *Aglais urticæ* et *Vanessa io*, nous avons pu le rechercher et le caractériser dans la chrysalide, le méconium et l'imago.

Les quantités d'acide allantoïque ainsi observées sont indiquées dans le tableau suivant :

		Acide allantoïque (en mg) contenu dans	
		1 g de poids frais.	1 g de poids sec.
Aglais urticæ.	Chenilles	0,41	–
	Excréments des chenilles	–	16,8
	Chrysalides	0,92	–
	Méconium	–	115
	Imagos	0,35	–
Vanessa io.	Chenilles	1,56	–
	Excréments des chenilles	–	23,8
	Chrysalides	2,16	–
	Méconium	–	126
	Imagos	0,61	–
Euproctis phæorrhæa.	Chenilles	1,66	–
	Excréments des chenilles	–	1,4
Tyria jacobææ.	Chenilles	0,35	–
	Excréments des chenilles	–	1,6

Nota. — 1° Les excréments des imagos d'*Aglais urticæ* et de *Vanessa io* sont aussi très riches en acide allantoïque.

2° Nous avons trouvé, chez des chenilles de *Pieris brassicæ* L., parasitées par des larves d'Hyménoptères Ichneumonoïdes et Braconides, 17,4 mg d'acide allantoïque par gramme d'excréments secs.

Simultanément, nous avons recherché la présence des enzymes uricase et allantoïnase chez les mêmes sujets. Ces recherches, effectuées comme précédemment (*loc. cit.*) ont donné un résultat positif. Par contre, les enzymes permettant une dégradation plus poussée des composés puriques (allantoïcase, uréase) semblent manquer.

([12]) P. Razet, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1304.

([13]) R. Poisson et P. Razet, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1804; 237, 1953, p. 1362.

([14]) P. Razet, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2566.

On peut donc considérer que chez les Lépidoptères ci-dessus, et aux stades étudiés, l'acide allantoïque représente le terme ultime de la dégradation des nucléoprotéines. Bien que déjà connu chez d'autres Insectes, l'acide allantoïque n'avait jamais, jusqu'à maintenant, été trouvé en telle abondance, et son élimination dans les excréments, signalée en quantité très faible chez *Carausius morosus* Br. (Insecte chéleutoptère ([12]), atteint ici des proportions très importantes. Sa présence dans le méconium, dont il représente respectivement, chez *Aglais urticæ* et *Vanessa io*, 11,5 et 12,6 % du poids sec, n'avait jamais, à notre connaissance, été signalée.

Mais cette dégradation de l'acide urique n'est pas générale chez les Lépidoptères, car l'acide allantoïque est absent de certaines espèces, telles que *Cuculia verbasci* L. (chenilles), *Abraxas grossulariata* L. (chenilles, chrysalides, imagos), *Hyloicus ligustri* L. (chenilles), *Mimas tiliæ* L. (chenilles), *Hyponomeuta malinellus* Z. (chenilles, imagos).

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Sur le fond physiologique primitif des homéothermes*. Note de M. **Jean Giaja** et Mme **Léposava Marković-Giaja**, présentée par M. Paul Portier.

Il y a chez l'homéotherme des fonctions ayant conservé le caractère primitif de poïkilothermie et qui subsistent lorsqu'on suspend l'homéothermie par refroidissement profond de l'organisme, tandis que d'autres sont devenues plus ou moins tributaires de l'homéothermie.

L'homéothermie est une fonction adventive apparue au cours de l'évolution, qui n'assura pas seulement la constance du niveau de la température corporelle mais aussi l'élévation de l'intensité des échanges par rapport aux poïkilothermes en général. Maintenant que nous pouvons suspendre cette fonction dans des conditions que l'on peut considérer physiologiques et que nous pouvons par cela même rendre l'homéotherme semblable aux poïkilothermes par le niveau de sa température aussi bien que par sa soumission à la température ambiante, on est dans la possibilité de se rendre compte des changements que l'homéothermie a fait subir à la poïkilothermie sur laquelle elle s'est greffée au cours de l'évolution et éclaircir cette question de « paléophysiologie ».

En refroidissant le Rat jusqu'à 15° par la méthode d'hypoxie ([1]) sans emploi d'anesthésiques ni d'agents pharmacodynamiques, l'homéotherme est ramené aux conditions de vie poïkilotherme. Or en supprimant de cette façon l'homéothermie on ne retrouve pas le véritable type de poïkilo-

([1]) J. Giaja, *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 80; J. Giaja et R. Andjus, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1170,

thermie ancestrale. C'est dire que la fonction adventive a modifié la base physiologique sur laquelle elle a été greffée. En premier lieu, à une température corporelle à laquelle les poïkilothermes manifestent en général une pleine activité, les homéothermes sont à l'état de léthargie profonde et d'anesthésie complète. Mais, d'autre part, la respiration et le cœur continuant à fonctionner on en conclut que toutes les fonctions physiologiques ne sont pas dans la même mesure devenues tributaires de l'homéothermie. Nous ne disposons pas encore de données suffisantes pour pouvoir hiérarchiser les fonctions par rapport au degré de leur dépendance de l'homéothermie. Toutefois ce sont les fonctions nerveuses supérieures qui sont le plus attachées à l'homéothermie, commençant à être déjà troublées par de faibles écarts de la température corporelle dans le sens de l'hyperthermie, de la fièvre, aussi bien que dans le sens de l'hypothermie. Chez les poïkilothermes, qui peuvent également être anesthésiés par le froid, les fonctions nerveuses sont de même affectées avant d'autres, pouvant toutefois s'exercer dans toute leur plénitude dans des limites de température plus larges. Contrastant avec les fonctions mentionnées, le cœur et la respiration ont conservé chez l'homéotherme, par leur pouvoir d'accomodation à des variations étendues de température, le caractère primitif de poïkilothermie. Chez le Rat les mouvements respiratoires ne disparaissent qu'au-dessous de 15° tandis que le cœur ne cesse de battre qu'à des températures encore plus basses. Le caractère poïkilotherme de ces fonctions ressort de la comparaison des limites de température entre lesquelles le centre respiratoire et le cœur peuvent fonctionner chez les homéothermes et chez les poïkilothermes. Nous avons comparé à ce point de vue le Rat et un petit poisson marin *Sargus vulgaris*, pris au hasard. Les valeurs obtenues montrent que le cœur et le centre respiratoire de l'homéotherme sont passibles d'accomodation à la température dans des limites tout aussi larges que chez les poïkilothermes, avec un décalage de l'intervalle des limites extrêmes de température vers le haut :

	Centre respiratoire.		Cœur.	
	Rat.	*Sargus.*	Rat.	*Sargus.*
Limite supérieure	43°	33°	43°	34°
Limite inférieure	10	7	7	7
Intervalle	33	26	36	27

Ces valeurs n'ont rien d'absolu, pouvant varier sous l'influence de l'acclimatation et d'autres facteurs; d'autre part elles dépendent de l'espèce considérée. Toutefois, d'après ce que nous savons du comportement des poïkilothermes à ce sujet, on peut affirmer que le pouvoir d'accomodation du cœur et du centre respiratoire de l'homéotherme à la

température entre dans le cadre général de la poïkilothermie. L'activité cellulaire proprement dite n'est pas plus attachée chez l'homéotherme à un niveau fixe de température, puisqu'elle subsiste à des températures proches de la congélation, ainsi que le témoigne la réanimation d'homéothermes refroidis jusqu'à ce niveau (2). D'autre part, l'intensité des échanges de l'homéotherme en profonde hypothermie s'approche du niveau des échanges des poïkilothermes, à température corporelle égale. Bref, tandis que certaines fonctions de l'homéotherme ont conservé le caractère primitif d'accomodation poïkilotherme, les autres ayant perdu ce caractère sont devenues plus ou moins tributaires de l'homéothermie : le rein cesse de fonctionner au-dessous de 20°, tandis que le cœur fonctionne encore au-dessous de 15°. Par conséquent, l'homéotherme profondément refroidi, privé de la fonction de thermorégulation, n'est pas plus poïkilotherme qu'il n'est hibernant : c'est un organisme dans un état particulier, déficient de certaines fonctions, des fonctions nerveuses supérieures en premier lieu, des fonctions neurovégétatives ensuite. C'est de cette élimination de certaines fonctions et du profond abaissement du niveau des échanges que l'expérimentation physiologique ainsi que la pratique médicale peuvent tirer avantage, chacune à son point de vue, avantage que la véritable poïkilothermie, avec l'intégrité de toutes ses fonctions, ni la véritable hibernation, toujours prête à réagir aux agressions (3) ne sauraient offrir.

ENTOMOLOGIE MÉDICALE. — *Sur le rôle des moustiques dans la transmission de la myxomatose.* Note de MM. **Henri Jacotot**, **Constantin Toumanoff**, **André Vallée** et **Bernard Virat**, présentée par M. Émile Roubaud.

Anopheles maculipennis atroparvus et *Anopheles stephensi*, espèces culicidiennes très répandues, la première en Europe, la deuxième en Asie, sont aptes à transmettre la myxomatose au Lapin. Semblables en cela à d'autres moustiques zoophiles incriminés déjà à l'étranger, ils peuvent être considérés comme des agents, éventuellement très actifs, de dissémination du contage et d'extension rapide des foyers.

Les auteurs étrangers qui se sont attachés à l'étude de la myxomatose ont établi d'une manière indiscutable que la maladie pouvait être transmise par les moustiques du Lapin infecté au Lapin encore sain; plusieurs espèces culicidiennes ont été justement incriminées déjà: *Culex fatigans* (S. Torres, 1936), *Aedes scapularis* et *Aedes aegypti* (H. de Beaurepaire Aragao, 1943), *Aedes alboannulatus* et *Aedes camptorhynchus* (L. B. Bull et M. W. Mules, 1944), *Anopheles annulipes* (F. N. Ratcliffe, E. Myers,

(2) R. Andjus, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1591; R. Andjus et A. Smith, *J. Physiol.*, 123, 1954, p. 66.

(3) J. Giaja et V. Popović, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1360.

B. F. Fenessy, J. H. Calaby, 1952), *Culex annulirostris* (K. Myers, 1954).

Nous nous sommes proposés de rechercher quelles pouvaient être, à cet égard, les aptitudes d'*Anopheles maculipennis atroparvus*. Cette espèce zoophile se rencontre en plusieurs pays d'Europe et notamment en France; M. E. Roubaud la considère comme devant jouer le rôle principal dans la transmission de la myxomatose, surtout dans les clapiers, en raison de sa cohabitation étroite avec les lapins domestiques. Nous avons effectué aussi quelques essais du même ordre avec *Anopheles stephensi*, espèce des régions chaudes, largement répandue aux Indes et dans le Sud-Est de l'Asie, et avec *Aedes aegypti* dont l'action a été bien étudiée par plusieurs auteurs, à l'étranger.

Dans nos expériences, les moustiques à infecter étaient placés à jeun sur une partie du corps d'un lapin myxomateux où siégeait quelque lésion oedémateuse ou nodulaire; ultérieurement et successivement, à plusieurs reprises, des lapins neufs étaient présentés à ces moustiques, dans des cages où les insectes, à jeun encore, les piquaient en toute liberté.

Cinq essais de transmission ont été effectués avec *A. maculipennis atroparvus*, trois avec *A. stephensi* et un avec *Aedes aegypti*. Les conclusions suivantes s'en dégagent :

1. *A. maculipennis atroparvus* et *Aedes stephensi* possèdent l'aptitude à transmettre la myxomatose : le premier de ces insectes a fourni des exemples de transmission 19 et 21 jours après le repas infectant.

2. Une seule piqûre d'*atroparvus* peut suffire à assurer l'infection du Lapin, et un seul moustique peut contaminer plusieurs lapins, coup sur coup ou à de courts intervalles.

3. La puissance de transmission des moustiques est en rapport direct avec la quantité de virus qu'ils ont absorbée, c'est-à-dire avec la richesse en particules virulentes du liquide ingéré et avec l'importance et le nombre des repas infectants. On conçoit ainsi que, d'une manière générale, le rôle des moustiques dans les conditions naturelles puisse varier selon les circonstances et que, dans une population donnée d'insectes, l'aptitude à transmettre la maladie puisse varier d'un individu à l'autre.

4. Les résultats de deux de nos expériences nous conduisent à émettre l'hypothèse d'une multiplication du virus de Sanarelli dans le milieu salivaire de la trompe de certains moustiques.

5. La maladie qui fait suite à l'inoculation du virus du myxome par piqûre d'*A. maculipennis atroparvus* ne présente pas de caractères particuliers; elle apparaît après une incubation moyenne de 5 jours et évolue ensuite vers la mort en 8 jours.

Les observations à grande échelle qui ont été faites en France, depuis deux ans, sont venues confirmer une notion que l'expérimentation nous avait enseignée : la propagation de la myxomatose s'accomplit en de

nombreux cas avec une facilité déconcertante mais elle n'est pas fatale; aucun des facteurs qui y concourent : contact de malades, aliments et objets souillés, vecteurs passifs (chiens, renards, rongeurs, oiseaux, vent, véhicules), vecteurs actifs (insectes piqueurs) n'agit immanquablement. Cette restriction s'applique aux moustiques; il nous semble néanmoins que dans les conditions favorables à leur pullulation, certaines espèces culicidiennes sont redoutables. Au surplus, l'efficacité de leur action n'étant pas contestable, nous pensons que l'hypothèse de leur intervention permettrait d'expliquer nombre de singularités épizootologiques : caractère explosif et envahissant de certains foyers dans une population animale relativement sédentaire (lapins de garenne), ou séquestrée et divisée (lapins domestiques); progression du contage dans les vallées, contrastant parfois avec l'inexistence de la maladie sur les plateaux voisins; sa prédilection pour les parties basses d'un domaine dont les hauteurs sont épargnées; présence parfois exclusive de la maladie, ou dans les clapiers, ou dans la campagne, selon que l'activité de l'espèce culicidienne en cause s'exerce dans les habitations ou en plein air.

Le rayon d'action des moustiques est assez limité en général, mais des vents à faible altitude peuvent les porter à plusieurs kilomètres, et ils sont parfois transportés fort loin par les voitures, wagons, avions dans lesquels ils se sont introduits. Néanmoins, tout bien considéré et sauf circonstances particulières favorables à leur transfert, ils apparaissent, dans nos régions, comme des agents, éventuellement très actifs, de dissémination du virus, d'extension rapide des foyers, plutôt que comme des vecteurs à très longues distance du contage.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Comportement de l'épiderme dans les régénérats tératomorphiques chez la Planaire marine* Procerodes lobata *O. Schmidt*. Note de Mlle **Rosine Chandebois**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'épiderme des têtes tératomorphiques régénérées présente toujours des invaginations irrégulières, souvent profondes, qui disparaissent lors de la régulation secondaire de l'anomalie. Ces irrégularités résultent des contractions des bords de la plaie et semblent indiquer que l'épiderme n'intervient pas dans la détermination morphogénétique du régénérat.

L'étude histologique des têtes tératomorphiques, régénérées à partir de sections transversales intéressant la région de la base du pharynx [1], m'a montré que, dans la région située en avant des yeux, l'épiderme présentait toujours sur la face ventrale ou sur la face dorsale des invaginations au sein du parenchyme (*fig.* 1).

(1) R. Chandebois, *Comptes rendus*, 236, 1953, p 330.

La formation de ces invaginations ne peut être envisagée comme la conséquence de contractions provoquant le plissement de l'épiderme au moment de la fixation, le fixateur employé (Zenker-formol) produisant un relâchement convenable de tout l'animal. Les régénérats normaux fixés dans les mêmes conditions n'offrent jamais de telles anomalies. Les parties anciennes et les parties les plus postérieures du régénérat en sont toujours indemnes. De plus, je n'ai rencontré que rarement les mêmes formations sur des têtes précédemment tératomorphiques et ayant recouvré leur forme typique par accroissement en direction transversale. La régulation secondaire des têtes tératomorphiques s'accompagne donc de la disparition de l'anomalie épidermique.

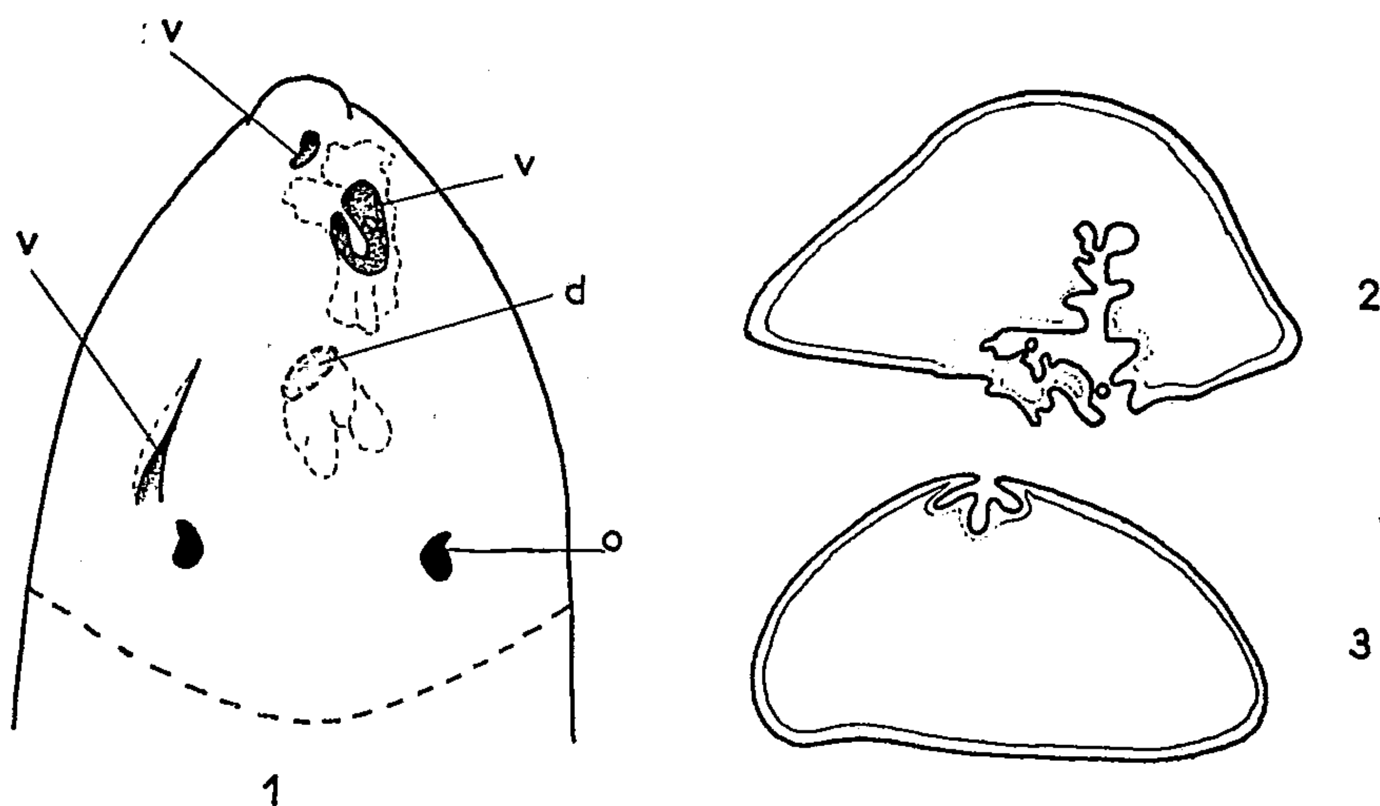


Fig. 1. — Reconstitution, d'après une série de coupes, d'une tête tératomorphique présentant des invaginations ventrales (*v*) et des invaginations dorsales (*d*); *o*, œil.

Fig. 2. — Coupe transversale au niveau d'une invagination.

Fig. 3. — Coupe transversale dans une tête régénérée à partir d'une section en V.

Les invaginations, souvent nombreuses (jusqu'à quatre sur la même tête), s'enfoncent profondément dans le parenchyme où elles peuvent se ramifier abondamment (*fig.* 2). L'épiderme délimite ainsi des cavités logées au sein de la tête et qui restent toujours en relation avec l'extérieur par un orifice souvent étroit. A côté de ces invaginations, on peut trouver des évaginations en forme de languette.

L'épiderme invaginé diffère nettement de l'épiderme dorsal comme de l'épiderme ventral de la Planaire : les cils sont plus longs et les rhabdites plus abondants. Par endroits, l'épiderme est soumis à une dégénérescence qui se traduit principalement par la disparition des cils, l'effacement de la basale et des contours cellulaires. Les mêmes caractères de dégénérescence peuvent se retrouver dans les parties évaginées. Il est vraisem-

blable que la disparition des anomalies épidermiques dans la régulation secondaire des têtes tératomorphiques est due à ce mécanisme.

Ces invaginations étant strictement liées aux régénérats tératomorphiques, dont j'ai pu lier la production à la forme de la section, — ellemême conditionnée par les contractions musculaires très importantes dans la région de la base du pharynx, — il est vraisemblable qu'elles sont également déterminées par ces conditions particulières. Au début de l'édification du régénérat, la partie épidermique de la section offre un contour sinueux et l'épiderme des régions les plus antérieures, les premières formées ([2]), continue les sinuosités de cette base. Ultérieurement, la contraction des parties anciennes cesse et l'épiderme néoformé épouse la forme régulière de la base.

Pour vérifier cette interprétation, j'ai étudié les têtes tératomorphiques obtenues à partir de sections en forme de V ouvert antérieurement et pratiquées en arrière des yeux. Dans ce cas, la contraction des bords de la plaie est limitée au sommet du V. Or les invaginations sont également localisées à cette région médiane, sur la face dorsale (*fig.* 3) ou ventrale. Elles sont généralement simples et présentent toujours un aspect régulier.

Si l'origine des anomalies peut être attribué au plissement de l'épiderme de la base, l'extension des invaginations montre que l'épiderme régénéré tend également à s'accroître pour son propre compte pendant les premières phases de la régénération et que sa surface n'est pas en harmonie avec le volume de parenchyme régénéré. Cette dysharmonie, ainsi que le caractère irégulier et variable des invaginations épidermiques tendent à montrer que les processus de détermination du régénérat résident exclusivement dans le parenchyme et que le revêtement épidermique, n'exerce pas d'influence déterminante. La régulation des anomalies épidermiques est tardive et semble accompagner la régulation de la tête tératomorphique.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *La radioactivité n'est pas nécessaire à l'automatisme de certains organes animaux.* Note de MM. **François Dupré la Tour** et **Édouard Giraud-Costa**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Les travaux déjà anciens de H. Zwaardemaker et de l'École d'Utrecht avaient montré qu'un cœur de grenouille perfusé par du liquide de Ringer privé de potassium cesse de battre. Lorsque l'on remplace le potassium du liquide de Ringer par d'autres corps radioactifs en proportion convenable, le cœur se remet à battre. L'activité chimique propre de ces suppléants du potassium n'intervient pas, car on peut utiliser avec le

([2]) R. Chandebois, *Bull. Soc. Zool. France*, 76, 1951, p. 404.

même résultat le radon ou émanation du radium, dont la valence et l'affinité chimique sont nulles. Les auteurs cités ont même restitué au cœur son automatisme en le bombardant du dehors par des rayons corpusculaires : rayons α du polonium, rayons β de différents corps radioactifs, rayons cathodiques. On se croyait dès lors autorisé à affirmer que le cœur et plusieurs autres organes doués d'automatisme sont sous la dépendance de la « bioradioactivité ».

Cependant cette théorie a été critiquée par Clark (1921), par Glazko et Greenberg (1939). Ces derniers auteurs n'ont pu maintenir en activité les battements du cœur isolé de grenouille, en utilisant un liquide de Ringer dans lequel le potassium naturel était remplacé par une dose équi-radioactive de radio-sodium, de radio-potassium ou de radio-phosphore. Citons encore dans le même sens les travaux de Benigno et Daudel (1950), de Valette et Combescot (1951), qui emploient le radio-potassium. Valette et Combescot n'ont pas trouvé de différence dans le comportement d'un intestin isolé, lorsqu'ils ont remplacé dans le liquide de Tyrode, le chlorure de potassium ordinaire par du chlorure de radio-potassium à la même concentration, malgré une radioactivité 100 000 fois plus élevée dans ce dernier cas.

Pour reprendre cette question, nous avons songé à remplacer, dans le liquide de Tyrode ordinaire, le potassium naturel radioactif par l'un des isotopes dont il est constitué, de masse atomique 39, *non radioactif*. Cet isotope est présent dans le potassium naturel dans la proportion de 93,38 %. Il a été isolé par les laboratoires de Harwell (Angleterre).

Mode opératoire. — Nos expériences ont porté principalement sur le *cœur de grenouille*, variété *rana esculenta* L.

Une canule de Fühner est introduite par l'aorte gauche jusque dans le ventricule. On isole le cœur et on le suspend par la canule dans une chambre humide à température ambiante. La pointe du ventricule est reliée par une serre-fine au cardiographe. Pour faciliter la perfusion du cœur et le remplacement des solutions, une très fine ouverture a été pratiquée à la pointe du ventricule en pressant un peu fort la serre-fine.

On perfuse avec du liquide de Tyrode ordinaire pour le cœur à 14 mg de ClK pour 100 cm^3. Les pulsations sont inscrites sur un premier tracé. Puis on remplace par du liquide de Tyrode modifié, en ayant soin d'opérer à chaque fois un lavage répété du cœur par le liquide de remplacement. Et l'on termine par le Tyrode normal, pour s'assurer que le cœur a conservé ses propriétés contractiles tout au long de l'expérience.

Nous avons repris les mêmes expériences avec le *duodénum de lapin*. Le liquide de Tyrode utilisé pour étudier les contractions contient 20 mg de KCl pour 100 cm^3. Il est maintenu à 38°.

Expériences. — 1° *Sur le cœur de grenouille isolé.* Nous avons perfusé le cœur successivement par du liquide de Tyrode normal, puis avec le même privé de potassium. Après un intervalle de temps de 20 à 30 mn, en règle générale, le cœur s'arrête, et recommence à battre en 3 ou 4 mn si l'on remplace le Tyrode sans potassium par du Tyrode normal. En reprenant l'expérience avec successivement : Tyrode sans potassium, Tyrode à 14 mg de ClK_{39} pour 100 cm^3, *le cœur après s'être arrêté se remet à battre* comme avec le Tyrode normal.

L'amplitude et la forme du tracé n'accusent aucune variation sensible. Le rythme est légèrement ralenti (2 à 5 %) mais il n'est pas certain que la différence soit significative. Le temps nécessaire à la reprise des battements n'est pas allongé.

En cherchant les concentrations minimum de ClK nécessaires à l'établissement de battements réguliers, nous avons trouvé 10 mg de ClK normal, et 12 mg de ClK_{39} pour 100 cm^3. Comme le nombre d'essais a été petit, il se peut que la différence ne soit pas significative.

2° Avec le *duodénum de lapin*, lorsque l'on remplace le liquide de Tyrode par la même solution privée de chlorure de potassium, les contractions s'arrêtent. Elles reprennent, si l'on remet le Tyrode à 20 mg de ClK_{39} pour 100 cm^3. L'intervalle de temps nécessaire à la reprise des contractions est le même (20 à 25 mn) qu'avec le Tyrode normal. Les tracés obtenus avec K_{39} et K ordinaire ne sont pas discernables.

Conclusion. — Les expériences relatées montrent que la présence de rayons corpusculaires ionisants n'est pas nécessaire au fonctionnement de l'automatisme cardiaque chez la Grenouille ni à la permanence des contractions du duodénum du lapin.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de la constitution du venin de Cobra* (Naja naja). Note de MM. **Alain Bussard** et **Raymond Côté**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'électrophorèse de zone du venin de Cobra (*Naja naja*) a permis d'obtenir en deux fractions distinctes la lécithinase et la neurotoxine, celle-ci ultrafiltrable à travers cellophane.

Le venin de Cobra est un mélange très complexe; on connaît son caractère protidique depuis longtemps, mais aucun de ses constituants n'a été isolé jusqu'ici.

Nous avons d'abord fait l'analyse du venin de Cobra brut par différentes techniques physico-chimiques. L'électrophorèse sur papier indique la présence d'au moins quatre composants, ayant tous des points isoélectriques élevés.

D'autre part, l'analyse immunochimique en milieu gélifié ([1]) à l'aide d'un immunsérum de Lapin (anti-venin total) permet de déceler un minimum de quatre substances de spécificités différentes.

Dans le but de fractionner sans dénaturation le venin et de faire une étude de ses constituants nous avons employé comme méthode analytique et préparative, l'électrophorèse sur colonne d'amidon ([2]) qui nous a permis d'obtenir deux fractions nettement distinctes par leur effets physiologiques et leurs propriétés physiques et chimiques (*fig.* 1).

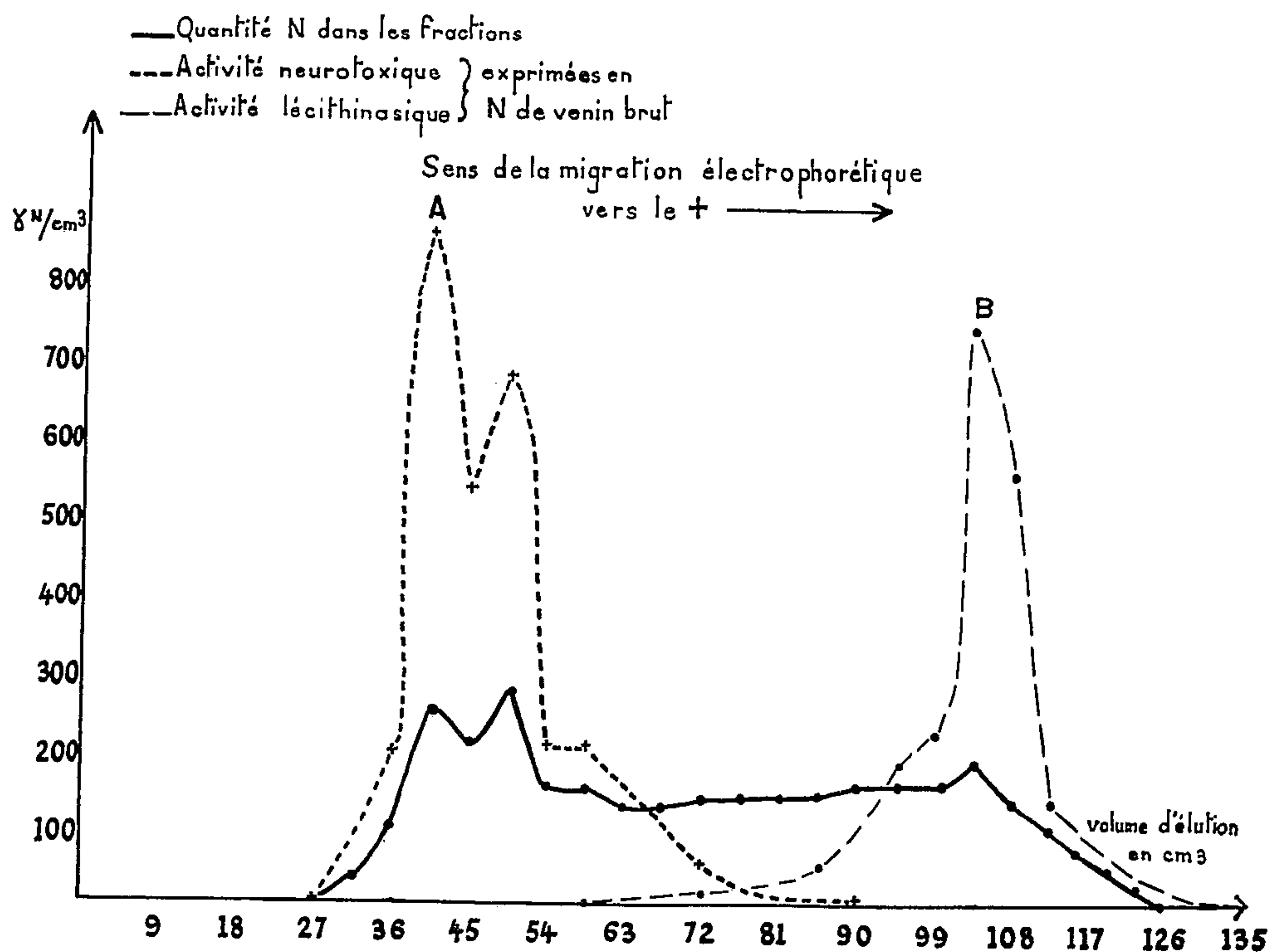


Fig. 1. — L'électrophorèse est effectuée dans une colonne d'amidon de 40 cm de haut et 3 cm de diamètre. Le tampon est du borate de sodium additionné de chlorure de potassium : pH = 9,0; force ionique : 0,05; champ 5 V/cm. Durée de l'électrophorèse : 13 h. Élution avec le même tampon, fractions de 4,5 cm^3 recueillies avec un collecteur automatique.

Dans la première fraction (A), se trouve concentrée toute l'activité neurotoxique du venin (dosage fait sur la Souris) ([3]). Cette fraction, de point isoélectrique nettement supérieur à 7, comme il a été vérifié par électrophorèse (appareil de Kern), a une mobilité dans l'amidon à pH 9,0, très faible, inférieure de 5.10^{-5} $cm^2/V^{-1}/s^{-1}$ à celle de la fraction (B). Son absorption,

([1]) J. Oudin, *Meth. in Med. Res.*, V, Year Book Publish, Chicago, 1953.

([2]) P. Flodin et J. Porath, *Bioch. et Biophys. Act.*, 13, 1954, p. 175.

([3]) P. A. Christensen et D. J. Finney, *J. Immunol.*, 70, 1953, p. 7.

dans l'ultraviolet, est plus intense à 2 600 Å qu'à 2 800 Å. Enfin, nous avons pu constater, comme l'avait entrevu Micheel et ses collaborateurs (4), que la neurotoxine est une substance de dimensions relativement petites, car elle traverse la cellophane ($\overline{D} = 3\,m\mu \pm 0,5$) soit par électrodialyse, soit par ultrafiltration (5). Cela indiquerait une masse moléculaire nettement inférieure à 10 000.

Dans la seconde fraction (B) on récupère toute la lécithinase, c'est-à-dire l'hémolysine du venin, qui a été dosée *in vitro* (6) en utilisant de la lécithine d'œuf purifiée, parfaitement homogénéisée. Malgré la sensibilité de la technique mise au point (seuil : 1 γ de venin brut) nous n'avons pas pu déceler d'enzyme dans l'ultrafiltrat de la fraction (B) à travers la cellophane ($\overline{D} = 3m\mu \pm 0,5$). Le surnageant d'ultrafiltration, qui s'est concentré en lécithinase, donne un spectre d'absorption dans l'ultraviolet rappelant celui des protéines et bien différent de celui de la fraction (A). De plus, cette fraction lécithinasique a pu être assimilée à l'un des quatre antigènes décelés par analyse immunochimique.

La neurotoxine et la lécithinase, qui semblent être parmi les principaux constituants du venin de cobra, sont des substances distinctes, tant par leur constitution chimique que par leurs propriétés physiologiques, contrairement à ce qu'on avait pu supposer (7). A partir de ce premier fractionnement, particulièrement effectif ici, puisqu'il conduit déjà à une purification de la neurotoxine et de la lécithinase de trois à quatre fois, d'après la teneur en azote, nous nous proposons de poursuivre la séparation et l'étude chimique de chacune de ces fractions.

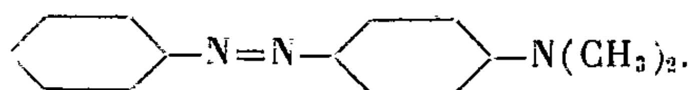
CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de l'effet protéine. Cas du p-diméthylaminoazobenzène en présence d'albumine de plasma de bœuf.* Note de M. **Pierre May**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Le spectre d'absorption du *p*-diméthylaminoazobenzène dépend du pH de la solution. En présence de 0,2 % d'albumine de plasma de bœuf, la courbe limite neutre est modifiée de telle sorte que le point de concours de tous les spectres du réseau est déplacé sur la courbe limite acide.

L'effet protéine, modification du virage des indicateurs par la présence de protéine, est un phénomène qui a déjà retenu l'attention de nombreux auteurs. Nous avons entrepris d'en préciser la nature et nous nous sommes d'abord attachés au cas du paradiméthylaminoazobenzène ou jaune de beurre (D.A.B.). C'est un colorant azoïque d'une formule simple, ne comportant pas de groupe-

(4) F. Micheel et F. Jung, *Z. Physiol. Chem.*, 239, 1936, p. 217.
(5) P. Grabar, *L'ultrafiltration fractionnée*, Herman, Paris, 1943.
(6) P. C. Zamecnik, L. E. Brewster et F. Lipmann, *J. Exp. Med.*, 85, 1947, p. 381.
(7) B. M. Braganca et J. H. Quastel, *Biochem. J.*, 53, 1953, p. 88.

ment anionique



Il est d'un grand intérêt biologique en raison de son activité cancérigène, Miller et ses collaborateurs [1] ont montré le rôle important des complexes protéine-jaune de beurre, ou protéine-métabolite du jaune de beurre, dans la carcinogénèse expérimentale du foie sans avoir pu mettre en évidence la formation *in vitro* de ces complexes.

Nous avons tracé les spectres du D. A. B. en solution aqueuse, à des pH variables entre 0 et 5,9, puis nous avons tracé ces spectres en ajoutant 0,2 % d'albumine de plasma de bœuf, fraction V Armour, à des pH variables entre 2,6 et 5,9. Nous avons utilisé au pH 0, une solution HCl N, des solutions tampons du mélange 0,1 N d'HCl, et glycocolle + 0,1 N, Na Cl réalisant les pH compris entre 1 et 4,3, enfin des solutions tampons 0,1 N d'acide acétique, acétate de soude aux pH compris entre 4,3 et 5,9.

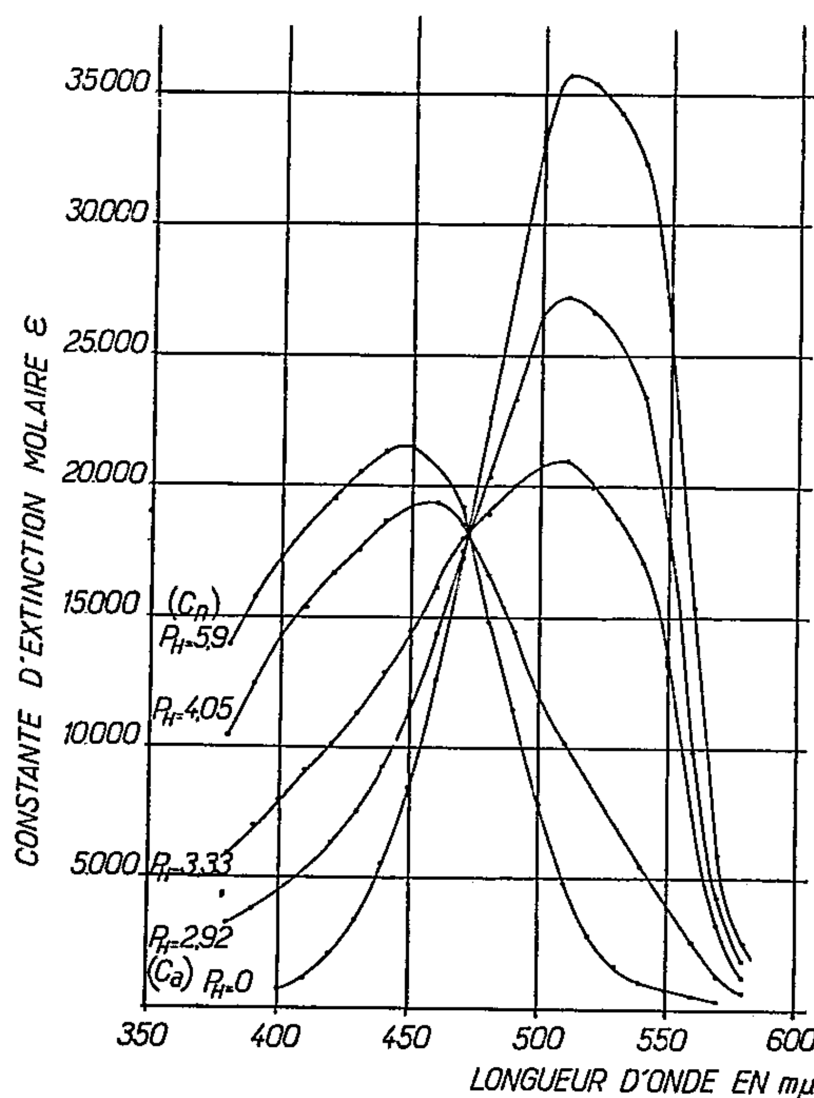


Fig. 1.

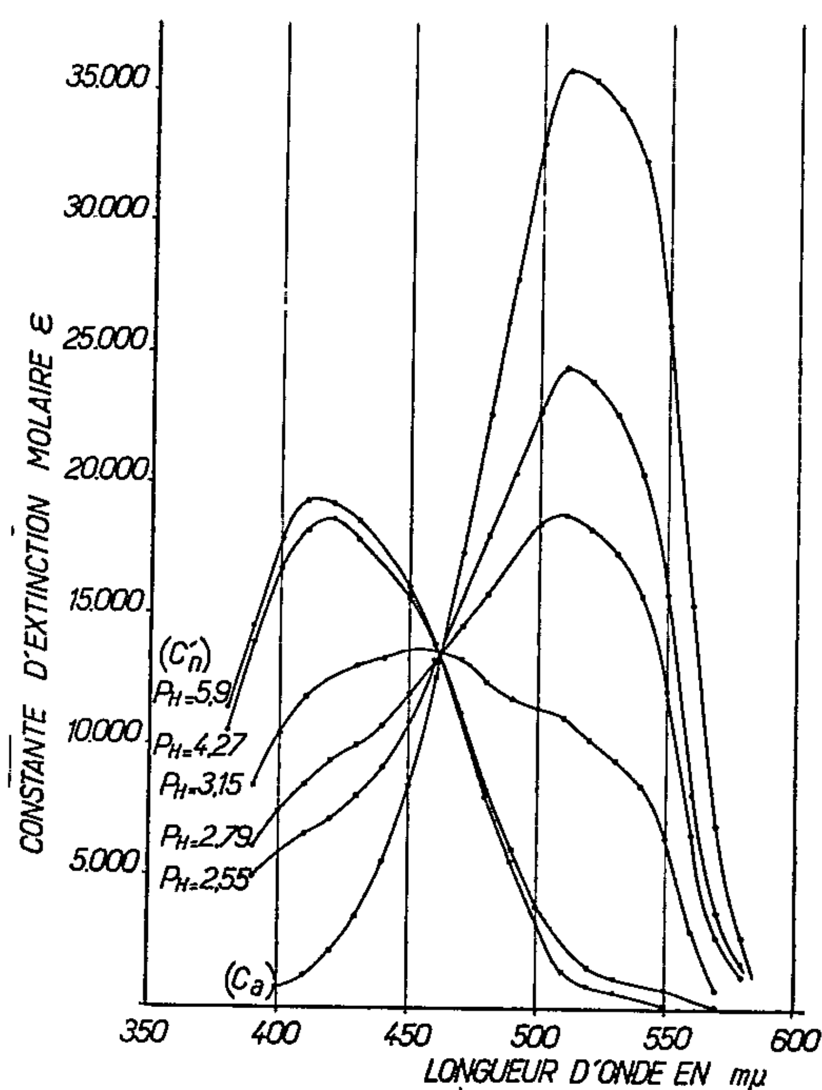


Fig. 2.

Fig. 1. — Spectres d'absorption du D. A. B.

Fig. 2. — Spectres du D. A. B. en présence de 0,2 % d'albumine de plasma de bœuf.

Résultats obtenus. — *a.* D. A. B. sans protéine : le spectre tend vers une courbe limite que nous appellerons « courbe limite neutre », C_n, lorsque le pH

(1) E. C. Miller, et J. A. Miller, *Cancer Research*, 12, 1952, p. 547.

augmente vers la neutralité. Lorsque le pH tend vers zéro, le spectre tend vers une « courbe limite acide » C_a. Les spectres intermédiaires passent par le point de rencontre des deux courbes limites. Ce point est dit isosbestique (*fig.* 1).

b. D. A. B. en présence de protéine : nous nous sommes interdit de descendre en dessous du pH 2,6 pour éviter la dénaturation de la protéine. Lorsqu'on augmente le pH vers la neutralité, le spectre tend vers une « courbe limite neutre » C'_n. Tous les spectres observés passent par le point de rencontre de C'_n et de C_a, courbe définie en *a* et qui apparaît ici, d'une manière indirecte, comme « courbe limite acide » (*fig.* 2).

Ces résultats nous suggèrent de traiter les différentes courbes comme des spectres de mélanges de deux formes : l'une neutre jaune, l'autre acide rouge. Ce faisant, nous avons calculé le pourcentage de la forme acide en fonction du pH dans les deux cas, ce que représente la figure 3.

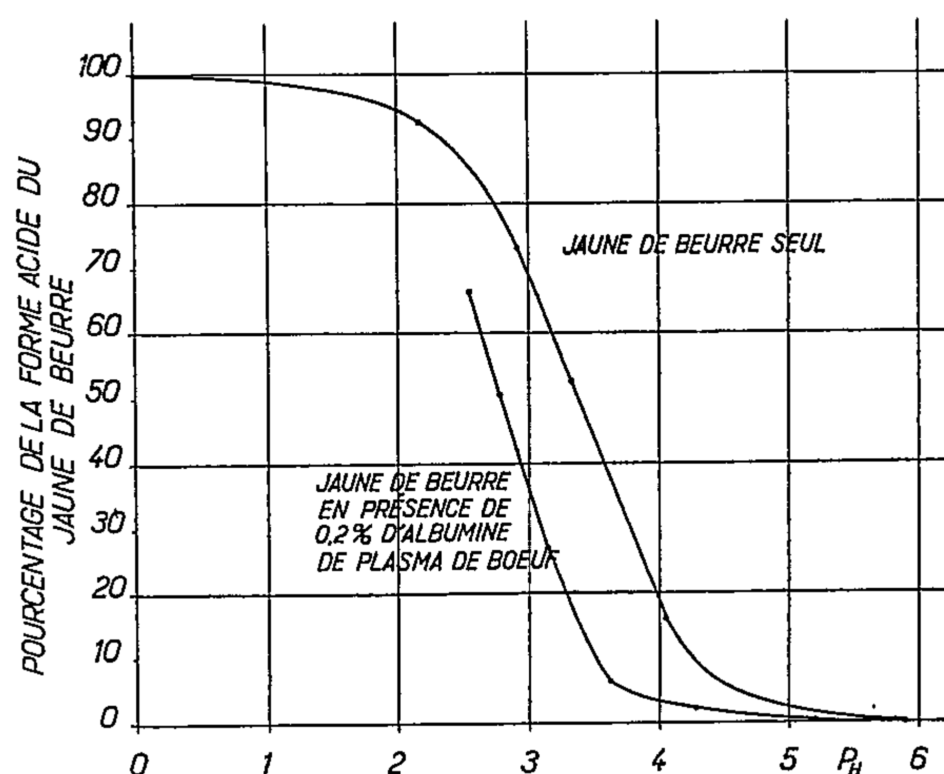


Fig. 3.

Interprétation des résultats.—*a*. La présence de 0,2 % d'albumine de plasma de bœuf déplace le point isosbestique, modifie le spectre limite neutre et non le spectre limite acide. Selon les travaux de Klotz et coll. (²) cette modification indiquerait l'existence d'une liaison entre la forme neutre du jaune de beurre et la protéine. Par cette voie, nous espérons arriver à préciser les complexes susceptibles de se former entre certaines protéines-enzymes et le colorant, complexes qui interviendraient dans le mécanisme de la carcinogénèse expérimentale provoquée par le jaune de beurre.

b. Le passage du point isoélectrique ne modifie pas le spectre de la forme neutre C'_n. La liaison D. A. B.-albumine du plasma serait donc la même de part et d'autre du point isoélectrique.

(²) I. M. Klotz et F. M. Walker, *J. Phys. Coll. Chem.* 51, 1947, p. 666.

c. La présence de protéine modifie l'équilibre entre forme acide et forme neutre du jaune de beurre.

IMMUNOCHIMIE. — *Recherches immunochimiques sur la constitution antigénique des leucocytes normaux et leucémiques*. Note de MM. **Pierre Grabar**, **Maxime Seligmann** et **Jean Bernard**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Par des méthodes immunochimiques il a été possible de démontrer que des lysats (à l'aide d'ultrasons) de suspensions de leucocytes bien lavés ne renferment pas de protéines du sérum. Les leucocytes normaux contiennent au moins trois ou quatre antigènes spécifiques, dont un n'a pas été retrouvé dans les leucocytes leucémiques. Aucun antigène spécifique de ces derniers n'a pu encore être mis en évidence.

Pour cette étude nous avons essentiellement utilisé la méthode d'Ouchterlony de précipitation spécifique en milieu gélifié (1). Elle permet de dénombrer les antigènes dans un mélange, de comparer des mélanges de plusieurs antigènes, de conclure à la constitution immunologiquement identique, différente ou voisine de deux antigènes. Elle permet enfin d'identifier un antigène dans un mélange, à condition de disposer d'une solution purifiée du constituant présumé. Mais nous voudrions insister sur la nécessité de multiples expériences de contrôle car de nombreux facteurs tels que la variabilité de diffusion des réactifs dans le gel, l'inégalité des concentrations en réactifs des solutions ou sérums utilisés, la recharge en antigène peuvent être à l'origine d'erreurs importantes.

On doit disposer pour cette étude d'extraits leucocytaires préparés à partir de suspensions globulaires riches et bien lavées, et d'immunsérums puissants. Nous n'insisterons pas ici sur les diverses techniques employées (2). Soulignons seulement quelques points particuliers : intérêt d'utiliser pour les lavages une solution « conservatrice » des leucocytes; nécessité de pratiquer des immunisations de longue durée sur de nombreuses séries de lapins et, pour se livrer à des études comparatives, d'utiliser la même méthode d'immunisation car, si l'on emploie des voies d'introduction différentes, le lapin répond par la formation d'anticorps non identiques; la méthode de Freund s'est montrée préférable à l'immunisation par voie intraveineuse. La meilleure méthode de lyse est, nous semble-t-il, la destruction par les ultrasons.

A la lumière de près de 500 expériences pratiquées, nous n'envisagerons ici que trois problèmes essentiels.

1. La présence dans un certain nombre de lysats de *protéines du sérum* amène à se poser la question suivante : leur présence est-elle liée à un

(1) O. Ouchterlony, *Ark. Kemi. Miner. Geol.*, B, 25, 1948, p. 14.

(2) *Ann. Inst. Pasteur* (à paraître).

lavage insuffisant des globules ? ou témoignerait-elle de l'existence de constituants sériques à l'intérieur des leucocytes ? Pour répondre à cette question, il importe de vérifier la qualité des lavages par les mêmes méthodes immunochimiques, à l'aide de sérums anti-constituants du sérum humain normal. Des expériences de contrôle de ce type, systématiquement pratiquées, nous permettent d'affirmer que, si les leucocytes sont bien lavés (si le surnageant du troisième lavage ne réagit plus avec ces antisérums) le lysat ne contient en règle pas de constituants sériques.

Nous avons toutefois pu mettre en évidence dans deux lysats de lymphocytes de leucémie lymphoïde chronique la présence de deux constituants antigéniques globulaires réagissant avec les anticorps précipitants d'un sérum d'âne anti-γ-globuline humaine, mais immunologiquement différents ou seulement voisins de la γ-globuline. Ces constituants n'étaient pas présents dans le sérum de ces malades.

2. Il est plus important de pouvoir démontrer *l'existence de constituants antigéniques spécifiquement leucocytaires.*

En mettant en présence nos divers lysats de leucocytes normaux et nos divers immunsérums de lapins homologues, nous avons trouvé de façon pratiquement constante, au moins 3 et souvent 4 traits distincts.

Lorsque nous comparons nos divers lysats de globules normaux, nous observons l'identité parfaite de ces traits. Réciproquement, la plupart de nos immunsérums antileucocytes normaux, obtenus par la même méthode d'immunisation, donnent lieu à la formation de 3 ou 4 traits identiques, mais d'un sérum à un autre, il existe de notables variations dues aux concentrations différentes en anticorps.

Nous pouvons enfin apporter la preuve de l'indépendance totale des 3 ou 4 constituants leucocytaires et des protéines sériques. En effet, si nous mettons un lysat, dont nous savons qu'il est souillé par des constituants du sérum, en présence d'un sérum antisérum humain total d'une part et d'un sérum antileucocytes normaux d'autre part, nous constatons toujours l'indépendance immunologique entre les traits dus aux protéines sériques et les traits dus aux constituants spécifiquement leucocytaires. Après épuisement par du sérum humain normal des sérums de lapin antileucocytaires, nous constatons la persistance des traits que nous considérons comme liés à la réaction antigènes spécifiquemen leucocytaires-anticorps précipitants homologues.

3. Notre objet principal est l'*étude comparative de la constitution antigénique des leucocytes normaux et leucémiques.*

Dans les lysats de leucoblastes et ceux de lymphocytes de leucémies lymphoïdes chroniques, nous n'avons pu mettre en évidence, par les mêmes méthodes, que deux antigènes spécifiquement globulaires.

D'après les résultats obtenus jusqu'à présent, tant par la méthode

d'Ouchterlony que par des expériences d'épuisements croisés, il nous semble qu'il manque dans les leucoblastes un des principaux constituants des leucocytes normaux. Nous n'avons pas pu encore mettre en évidence un antigène propre aux globules leucémiques.

Mais l'étude comparative des constituants des différentes variétés de leucocytes, normaux et leucémiques, se heurte à de nombreux obstacles. Outre les difficultés inhérentes aux méthodes immunochimiques et aux réponses différentes des lapins à une même immunisation, inhérentes aussi à la contamination difficilement évitable des suspensions leucocytaires par les plaquettes, il nous faut souligner que les suspensions globulaires utilisées ne sont pas constituées par une variété exclusive de leucocytes : les suspensions de leucocytes normaux comportent des éléments des différentes lignées, tandis que nos suspensions de leucoblastes comprennent souvent 5 à 10 % de cellules autres que des leucoblastes.

Nous espérons pouvoir bientôt préciser certains faits en améliorant nos techniques de préparation des leucocytes, en séparant noyaux et cytoplasmes, en fractionnant chimiquement nos lysats et en effectuant de nombreux épuisements croisés.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la mutation d'une souche de récurrente espagnole.* Note de Mme **Hélène Sparrow**, présentée par M. Émile Roubaud.

Au cours d'essais variés de récurrentothérapie pratiqués sur l'Homme avec une souche de récurrente espagnole à tiques, une mutation brusque de cette souche a été observée dans un sens qui la rapproche de la récurrente mondiale.

Les caractères qui différencient les récurrentes à tiques des récurrentes à poux sont bien tranchés. Aucune filiation irréfutable n'avait été saisie jusqu'à présent entre les deux. Pourtant, dès 1926, Ch. Nicolle et Anderson [1] ont émis l'hypothèse d'une transformation occasionnelle d'une récurrente endémique (à tiques), en épidémie de récurrente à poux.

Dans l'épidémiologie des récurrentes à tiques, où les rongeurs sauvages représentent les hôtes principaux, l'Homme n'intervient que secondairement, tandis que dans la récurrente mondiale le cycle est ramené à une stricte contagion interhumaine, réalisé par les poux.

Nos expériences précédemment rapportées [2] bien que démontrant la possibilité d'adapter les spirochètes des récurrentes espagnoles au pou, ont mis en évidence les aléas de cette adaptation et nous ont confirmée dans l'opinion que les souches de récurrentes à tiques décrites jusqu'à ce

(1) *Arch. Inst. Pasteur Tunis*, 15, 1926, p. 198-228.
(2) H. Sparrow, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 131.

jour ne sauraient constituer le réservoir naturel des épidémies humaines mondiales. Cependant, nous croyons utile de verser au débat l'observation suivante dans laquelle nous avons pu voir une souche de récurrente à tiques acquérir, au cours de l'expérimentation, certains des caractères classiques de la récurrente à poux.

La souche Langeron (communiquée par J. Colas Belcour) est la seule que nous ayons employée, de la fin de 1946 au début de 1949, pour la récurrentothérapie de certaines maladies mentales dans les deux services d'hôpitaux spécialisés de Tunis ([2]); nous avons utilisé pour les inoculations des malades, soit le sang des animaux de passage (cobayes, rats), soit l'hémolymphe de poux infectés expérimentalement. Les réactions provoquées chez les animaux ont été d'une intensité régulière et l'infection des poux fut obtenue dans les conditions mentionnées dans la Note précédente; la maladie de l'Homme a présenté les caractères habituels, compte tenu des variations individuelles.

Le 9 mars 1949, nous avons été appelée à appliquer la récurrentothérapie à une jeune indigène. *Roumdhana* X., paralytique générale, internée depuis deux ans, a été inoculée avec le sang du cobaye du 95e passage, très riche en spirochètes. Le premier accès de récurrente a débuté le 5e jour.

La malade a présenté quatre accès, dont le 1er et le 3e ont été courts, mais typiques, le 2e et le 4e longs et atypiques. La présence des spirochètes a été constatée pendant les 1er, 2e et 3e accès, mais non au cours du 4e.

Le sang de la malade prélevé à la fin du premier accès, a infecté deux cobayes.

Au cours du 4e accès, le 34e jour de la maladie, le sang de Roumdhana a été inoculé à deux cobayes qui sont restés négatifs jusqu'au 12e jour, où ils sont morts. Ce sang a été inoculé en même temps à un nouveau malade, paralytique général, interné depuis deux mois. Ce malade a présenté une récurrente très irrégulière; sa courbe de température rappelle cependant celle de Roumdhana. Il y a eu quatre accès de 2, 5, 5 et 2 jours, avec présence de spirochètes.

Les poux nourris sur lui, au milieu du deuxième accès et les jours suivants, examinés pour la première fois le 8e jour, se sont montrés *abondamment infectés*. Dans ce lot, nous avons successivement prélevé des poux pour l'inoculation de quatre malades. Ils ont tous réagi par une récurrente nette. Les cobayes témoins de ces inoculations n'ont pas réagi.

Cette perte de virulence pour les cobayes était un fait nouveau qui s'est perpétué depuis, de même que l'infection intense des poux.

L'étude de la souche ainsi modifiée a démontré que les cobayes faisaient une infection inapparente, tandis que les rats blancs en présentaient une simplement atténuée, avec des spirochètes dans le sang et seulement pendant une courte période. Pour l'entretien de cette souche, nous avons dû adopter le procédé de Baltazard : passage sur jeunes rats.

Ces modifications de la souche primitive, dans un sens qui la rapproche de la récurrente mondiale, doivent être considérées comme une *mutation*. Elles sont apparues, en effet, brusquement. Elles se sont montrées d'une

remarquable fixité depuis cinq ans et au cours de nombreux passages, par hommes, rats et poux.

De multiples expériences ont été faites dans des conditions similaires à celles qui ont précédé l'apparition de la mutation : jamais nous n'avons vu réapparaître le même phénomène.

Il faut bien admettre pourtant que le nombre de ces expériences est infime par rapport aux « expériences » que fait la nature.

La mutation de la souche Langeron, dont nous avons été témoin, apparente incontestablement cette souche, que nous dénommons R. O. S., à la récurrente mondiale; le produit de cette mutation ayant perdu sa virulence pour les petits animaux de laboratoire a vu, en même temps, son adaptation au pou s'accroître de telle sorte qu'il est tout à fait possible d'admettre l'éventualité d'un foyer inter-humain d'infection allumé par la nouvelle souche, avec le pou comme agent vecteur. Il serait alors bien difficile, non seulement au praticien, mais encore au chercheur, de la différencier de la récurrente mondiale.

Nous avons, d'autre part, mis en évidence une souche de récurrente à tiques (souche Estève P) qui, tout en étant virulente pour les petits animaux de laboratoire, présente une affinité remarquable pour le pou.

Ces deux cas apportent une confirmation de fait à l'idée émise par Ch. Nicolle et Ch. Anderson.

La recherche de ces *souches de transition* devrait être poursuivie systématiquement, en même temps que celle des foyers de récurrentes à poux persistant probablement dans le monde.

On ne peut concevoir la survivance de souches de récurrente à poux, après l'extinction des épidémies, qu'en admettant la persistance ou la création fortuite de certains foyers humains de spirochétose, électivement adaptés au pou comme agent vecteur.

A 15 h 55 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 15.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 12 juillet 1954.)

Note présentée le même jour, de MM. *Édouard Coraboeuf, René Distel*, Mme *Suzanne Lavigne* et M. *Jacques Boistel*, L'action du chlorhydrate de chloro-3 (diméthylamino-3′ propyl)-10 phénothiazine sur l'activité électrique du tissu conducteur du cœur de Chien :

Page 189, 17e ligne, *au lieu de* (diméthylamino-propyl), *lire* (diméthylamino-3′ propyl).
» » 21e ligne, *au lieu de* chlorhydrate de 3 (diméthyl..., *lire*, chlorhydrate de chloro-3 (diméthyl....
Page 190, légende de la figure 1, *au lieu de* au 1/2500, *lire* au 1/25000.

Note présentée le même jour, de MM. *Paul Braffort, Maurice Spighel* et *Christophe Tzara*, Quelques conséquences de la théorie de l'action à distance en électrodynamique classique :

Page 159, 11e ligne, *au lieu de* $E^2/\mu M$, *lire* $E^2/4\pi$.
» » 15e ligne, *au lieu de* $\mu(\omega) = \frac{e}{c}\frac{a(\omega)}{\sqrt{m^2+\rho^2\omega^2}}$, *lire* $|\mu(\omega)| = \frac{e}{c}\frac{a(\omega)}{\sqrt{m^2+\rho^2\omega^2}}$.

(*Comptes rendus* du 19 juillet 1954.)

Note présentée le 12 juillet 1954, de M. *Félix Bertaut*, Sur les relations linéaires entre constantes de Madelung :

Page 234, relation (3), *au lieu de* $\rho(\mathbf{u})$, *lire* $P(\mathbf{u})$.

(*Comptes rendus* du 13 septembre 1954.)

Note présentée le même jour, de M. *Louis Fage*, Les Amphiphodes pélagiques du genre *Rhabdosoma* :

Page 661, dernière ligne, *au lieu de* six fois, *lire* trois fois.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1954.

Faculté de médecine de Strasbourg. Année 1951, n° 4. Thèse présentée pour le doctorat en médecine, par Mme Mantz, née Janine Le Coroller. *Recherches expérimentales sur la section du nerf optique.* Colmar, Imprimerie Alsatia, 1954; 1 vol. 24 cm.

Les Heures scientifiques. Collection dirigée par Roger Simonet. *Les mathématiques utiles*, par J.-L. Pelletier. Paris, Dunod, 1954 ; 1 vol. 21 cm.

Forgotten leaders in modern medicine. Valentin, Gruby, Remak, Auerbach, par Bruno Kisch, in *Transactions of the american philosophical Society.* New series. Vol. 44. Part. 2. Philadelphia, the american philosophical Society, june 1954; 1 vol. 30 cm.

Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc national Albert. Mission G. F. De Witte (1933-1935). Fasc. 80 : *Coccinellidæ.* III. Teil, von Leopold Mader (Wien). Fasc. 82 : *Genre Paracylindromorphus Théry* (*Coleoptera Buprestidæ*), par André Théry (Paris). Bruxelles, 1954; 2 fasc. 28 cm.

Id. — Exploration du Parc national de l'Upemba. Mission G. F. De Witte en collaboration avec W. Adam, A. Janssens, L. van Meel et R. Verheyen (1946-1949). Fasc. 18 : *Henicocephalidæ et Reduviidæ* (*Hemiptera*), par André Villiers (Dakar). Fasc. 24 : *Tenebrionidæ* (*Pycnocerini*) (*Coleoptera polyphaga*), by Carlo Koch (Pretoria). Fasc. 25 : 1. *Coleoptera : Pterostichini* (*Fam. Carabidæ*), par Stefano L. Straneo (Gallarate). 2. id. : *Bostrychidæ*, par Jean-Marie Vrydagh (Bruxelles). 3. id. : *Aphodiinæ*, par René Paulian (Tananarive). 4. id. : *Laminæ*, par Stephan Breuning (Paris). 5. id. : *Cryptocephalidæ*, par Pierre Jolivet (Bruxelles). 6. *Diptera : Leptogastrinæ*, par Émile Janssens (Bruxelles). 7. *Hymenoptera : Chrysididæ*, von Stephan Zimmermann (Wien). Fasc. 29 : *Dictyoptera* (*Blattodea*), par Yvette Jolivet (Bruxelles). Bruxelles, 1954; 4 fasc. 28 cm.

Volume Jubilaire. Victor van Strælen, directeur de l'Institut Royal des sciences naturelles de Belgique 1925-1954. Bruxelles, 1954; 2 vol. 33 cm.

Gouvernement général de l'Afrique équatoriale française. *Carte géologique de reconnaissance à l'échelle du* 1/500 000e. Levés effectués de 1948 à 1953. *Notice explicative sur la feuille Franceville-Est*, par L. Baud.

Territoire du Cameroun. *Carte géologique de reconnaissance à l'échelle du* 1/500 000e. Levés effectués de 1947 à 1951. *Notice explicative sur la feuille Batouri-Est*, par Jacques Gazel et Georges Gérard. Paris, Imprimerie Nationale, 1954; 2 fasc. 23,5 cm et 2 cartes 63,5 cm × 57,5 cm.

Société française de Métallurgie. *Journées d'automne* 1954. 25-30 *octobre* 1954. *Avant-programme et résumés des communications.* Paris, juillet 1954; 1 fasc. 21 cm.

The year Book of the International Council of Scientific Unions, 1954. London, Secretary general of ICSU, c/o Royal Society, 1954; 1 fasc. 21 cm.

Union géodésique et géophysique internationale. Neuvième Assemblée générale. Bruxelles, août 1951. Publication AIM n° 9/c. *Procès-Verbaux des séances de l'Association de Météorologie*, publiés avec le concours financier de l'UNESCO. *Mémoires et discussions.* Bruxelles, décembre 1953; 1 vol. 24,5 cm.

National physical Laboratory. *Automatic Digital Computation. Proceedings of a symposium held at the National physical Laboratory on March* 25, 26, 27 *and* 28, 1953. London, Her Majesty's Stationery Office, 1954; 1 vol. 26 cm.

Chromatographische Methoden in der Protein-Chemie Einschliesslich verwandter Methoden wie Gegenstromverteilung, Papier-Ionophorese, von FRITZ TURBA, mit 258 Abbildungen. Berlin-Göttingen-Heidelberg, Springer-Verlag, 1954; 1 vol. 25 cm.

Éphémérides nautiques ou extrait de la Connaissance des temps pour l'an 1955. Ouvrage publié par le BUREAU DES LONGITUDES spécialement à l'usage des marins. Paris, Gauthier-Villars, 1954; 1 vol. 27 cm.

Direction générale des mines et des Services géologiques. *Le Portugal hydrominéral*, par LUIZ DE MENEZES CORREA ACCIAIUOLI. Volume II. Lisbonne, 1953; 1 vol. 23 cm.

Hoàng-Dé Nôi Kinh tô vân. Toàn tâp, par NGUYÊN-TU-SIÊU. Nhà Thuôc, Hong-Khê Xuat Bàn, 1954; 1 vol. 22 cm.

Problème de Reumatologie, par D. DANIELOPOLU. Vol. I (en langue roumaine). Bucarest, Editura Academiei republicii populare române, s. d.; 1 vol. 23,5 cm.

Introducere in algebrà in inele si ideale, par GR. C. MOISIL. Vol. I. Bucarest, Editura Academiei republicii populare române, 1954; 1 vol. 23,5 cm.

Tratamentul chirurgical al hipertireozelor, par N. HORTOLOMEI, I. JUVARA et G. LITARCZEK. Bucarest, Editura Academiei republicii populare române, 1954; 1 vol. 23,5 cm.

Ciuperci parazite și saprofite din Republica popularà românà, par VERA BONTEA. Bucarest, Editura Academiei republicii populare române, 1953; 1 vol, 24 cm.

Embriotrofia, par VASILE D. MARZA. Partea I-A. Bucarest, Editura Academiei republicii populare române, 1954; 1 vol. 23,5 cm.

Hepatitele inframicrobiene, par ST. S. NICOLAU. Bucarest, Editura Academiei republicii populare române, 1954; 1 vol. 23,5 cm.

Commission européenne pour l'étude de l'opinion publique et des marchés. *Esomar. VII*e *Congrès international.* Ostende, 2-8 septembre 1954; 1 fasc. 20 cm.

Mécanique rationnelle. Cours et problèmes résolus à l'usage des élèves des Facultés des sciences, par GEORGES BOULIGAND. Cinquième édition revue et très augmentée. Paris, Vuibert, 1954; 1 vol. 24 cm.

Société des sciences naturelles de l'Académie des sciences de l'Esthonie. 1853-1953. *Loodusuurijate seltsi Juubelikoguteos.* Tallinn, Eesti Riiklik Kirjastus, 1953; 1 vol. 21,5 cm.

Bibliothèque scientifique. 26. Philosophie et histoire. *La mécanique au* XVIIe *siècle.* (*Des antécédents scolastiques à la pensée classique*), par RENÉ DUGAS. Préface de LOUIS DE BROGLIE. Paris, Dunod et Neuchâtel, éditions du Griffon, 1954; 1 vol. 23 cm.

Le musée de la mer et le Centre d'études scientifiques de Biarritz. Son vingtième anniversaire; l'historique de sa fondation, par ANDRÉ GIRET. Biarritz, 1953; 1 fasc. polycopié, 27 cm.

Le Chevalier de Borda; le savant capitaine de vaisseau a été le fondateur de la météorologie, par ANDRÉ GIRET. Biarritz, mai 1954; 1 fasc. polycopié, 27 cm.

École polytechnique. Conférence faite le 18 juillet 1941 au grand amphithéâtre de la Faculté de droit de Lyon par le médecin lieutenant-colonel TOURNIER-LASSERVE, médecin-chef de l'École. *Le polytechnicien Charles Pravaz, médecin lyonnais*; 1 fasc. dactylographié 27 cm.

Publications du Comité du cent-cinquantième anniversaire de l'indépendance de la République d'Haïti. *La géologie de la République d'Haïti et ses rapports avec celle des régions voisines*, par JACQUES BUTTERLIN. (*Thèse*) in *Mémoires de l'Institut français d'Haïti*, n° 1, 1954; 1 vol. 27 cm et 1 carte 124 cm × 98 cm (présenté par M. Pruvost).

Fédération française des sociétés de sciences naturelles. Office central de faunistique. Directeur honoraire : P. DE BEAUCHAMP. Directeur : L. CHOPARD. *Faune de France.* 58. *Mollusques opisthobranches*, par Mme ALICE PRUVOT-FOL. Paris, Le Chevalier, 1954; 1 vol. 25 cm (présenté par M. L. Fage).

Problèmes de stratigraphie et de tectonique dans les Alpes françaises, par LÉON MORET. Extrait des *Travaux du laboratoire de géologie de la Faculté des sciences de l'Université de Grenoble.* T. XXXI, 1954. Grenoble, Imprimerie Allier, 1954; 1 fasc. 25 cm.

Les sciences physiques au secours de la Préhistoire : le contrôle et la datation des fossiles quaternaires par les méthodes du fluor et du radiocarbone, par LÉON MORET. Extrait des *Annales de l'Institut polytechnique de Grenoble.* T. III, 1954, n° 2; 1 fasc. 27 cm.

Maurice Lugeon et la géologie savoisienne, par LÉON MORET. Extrait de la *Revue savoisienne*, 1953; 1 fasc. 24 cm.

La soufflerie sonique de Modane-Avrieux, par PAUL DUMANOIS. Extrait de la Revue *Forces aériennes françaises* de février 1953; 1 fasc. 24 cm.

Discours prononcés à la manifestation d'hommage à Victor Van Strælen, directeur de l'Institut royal des sciences naturelles de Belgique, 1925-1954. Bruxelles, 1954; 1 fasc. 25 cm.

Académie des sciences de l'U. R. S. S. *Sur le but et le programme d'observation du service international de latitude.* Moscou, Éditions de l'Académie des sciences de l'U.R.S.S., 1954; 1 fasc. 22 cm.

Météorologie nationale. *Emplacement des stations et des postes du réseau climatologique national*, 1947; 1 carte 77 × 72,5 cm.

Note on Betti numbers of Riemannian manifolds. I et II, par YASURO TOMANOGA. Reprinted from *Journal of Mathematical Society of Japan.* Vol. V, n° 1. April 1953; 1 fasc. 25,5cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 OCTOBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE DE BROGLIE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Jacques Hadamard** signale à l'Académie la présence de M. **John L. Synge**, Professeur à l'*Institute for advanced studies*, de Dublin. M. le Président souhaite la bienvenue à celui-ci et l'invite à prendre part à la séance.

M. le **Président** informe l'Académie que, la séance anniversaire de l'Institut ayant lieu le lundi 25 octobre, l'Académie tiendra sa prochaine séance hebdomadaire le mercredi 27.

M. **Albert Pérard** rend compte à l'Académie des délibérations et des décisions de la Dixième Conférence Générale des Poids et Mesures.

Cette Conférence, qui a tenu ses séances au Ministère des Affaires Étrangères et au Pavillon de Breteuil, entre le 5 et le 14 octobre, était présidée statutairement par le Président de l'Académie des sciences, M. Maurice de Broglie; M. Cassinis (Italie) a été nommé secrétaire, et la présidence des séances de travail a été assurée par le chef de la délégation française. Les gouvernements de 29 pays y étaient représentés par 68 délégués ou membres de droit.

Après avoir entendu le Rapport du Président du Comité International des Poids et Mesures, M. Sears (Grande-Bretagne), sur les travaux accomplis depuis la Neuvième Conférence, tenue en 1948, la Conférence a abordé aussitôt la grave question du changement éventuel de la définition du Mètre, pour se rallier, d'un avis unanime, aux conclusions du Comité Consultatif chargé de cette question, conclusions déjà approuvées par le Comité International, et reconnaissant que, malgré les importants progrès réalisés dans l'étude des longueurs d'onde des raies monochromatiques, certaines recherches devaient être poursuivies; et elle a décidé de ne pas encore changer la définition du Mètre.

La Conférence a entendu avec beaucoup d'intérêt les comptes rendus que lui ont présentés le Directeur et les divers physiciens du Bureau International sur leurs travaux touchant : à la détermination absolue de la pesanteur, au retraçage des Mètres prototypes à traits, aux comparaisons internationales d'étalons à bouts plans, à la mesure des étalons géodésiques, aux étalons de masse et de volume, aux étalons électriques (ohms et éléments Weston) aux étalons photométriques et à l'échelle de température.

Sur l'intervention de M. Danjon, tendant à rattacher l'unité de temps à l'année tropique au 1er janvier 1900, la Conférence a marqué son accord, et donné au Comité International tout pouvoir de décision à cet égard.

Complétant le point 2 de la Troisième Résolution de la Conférence précédente, la Dixième Conférence a décidé de définir l'échelle thermodynamique de température au moyen du point triple de l'eau comme point fixe fondamental, en lui attribuant la température 273,16° K exactement; l'Échelle Internationale de Température de 1948 restant l'échelle pratique recommandée.

Elle a fixé, pour tous les usages, l'atmosphère normale à la valeur 1,013250 Mdyn/cm^2.

Comme suite à l'enquête prescrite par la Neuvième Conférence au sujet de l'adoption pour les relations internationales d'un système pratique international d'unités, la Conférence, après avoir longuement délibéré, a décidé d'adopter, comme unités de base :

Longueur	*Mètre*
Masse	*Kilogramme*
Temps	*Seconde*
Température thermodynamique	*Degré Kelvin*
Intensité de courant électrique	*Ampère*
Intensité lumineuse	*Candela*

décision votée, pour les quatre premières unités à l'unanimité, et pour les deux dernières à la forte majorité des 3/4 environ.

Les propositions avancées par certains gouvernements sur les modifications qu'ils voudraient voir apporter à la Convention du Mètre pouvaient exiger des pleins-pouvoirs que ne possédaient pas la plupart des délégués. Le Comité International a été chargé d'étudier les modifications en question en vue de les soumettre à la Onzième Conférence, qui jouirait du caractère diplomatique.

En considération de l'extension considérable des attributions du Bureau International des Poids et Mesures, la Conférence a pris la décision unanime (sous réserve de l'approbation ultérieure de quelques gouvernements) d'accroître sensiblement la dotation de ce Bureau.

Enfin elle a procédé au renouvellement partiel du Comité International, confirmant la nomination des membres cooptés depuis les six dernières années, et élisant cinq nouveaux membres.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques dérivés de la phényléthynyloxanthrone.* Note (*) de MM. **Charles Dufraisse** et **Alfred Bouteron**.

Tentative de préparation, à partir de la phényléthynyloxanthrone, d'un rubrène portant deux cyclisations hexagonales supplémentaires avec deux carbonyles. Description des dérivés normaux du corps de base, considéré en tant qu'alcool triarylpropargylique. Obtention, à la place du rubrène attendu, de trois corps fluorescents dont l'un est chloré.

Nous avons songé à utiliser la phényléthynyloxanthrone ([1]), III, comme matière première d'une réaction rubrénique, en la considérant comme un alcool triphénylpropargylique, I, le générateur type du rubrène, dont les phényles géminés sont unis par un carbonyle. Il s'imposait, comme travail préliminaire, de s'assurer que le produit jouissait des propriétés ordinaires des alcools triarylpropargyliques et, par suite, ne se trouvait pas, dès le départ, en dehors du déroulement normal de la chaîne des réactions qui aboutissent aux rubrènes.

La première de ces propriétés est la formation facile d'éthers-oxydes avec les alcools en présence d'acides forts. Effectivement, la réaction, conduite à froid a donné respectivement : l'éther méthylique, ($C_{23}H_{16}O_2$), IV F_{inst} 161-162° (alcool méthylique) et l'éther éthylique ($C_{24}H_{18}O_2$), V, F_{inst} 136-137° (alcool éthylique).

La transformation en cétone éthylénique, sous l'influence des acides, qui est l'une des caractéristiques les plus marquantes des alcools triarylpropargyliques, se produit ici de la manière attendue et donne la phénacylidène-anthrone, VII, cristaux jaune très pâle, F_{inst} 125-126°. La seule anomalie est cette faible couleur, moins profonde que celle de ses congénères et même que celle de la benzylidène-anthrone, VIII.

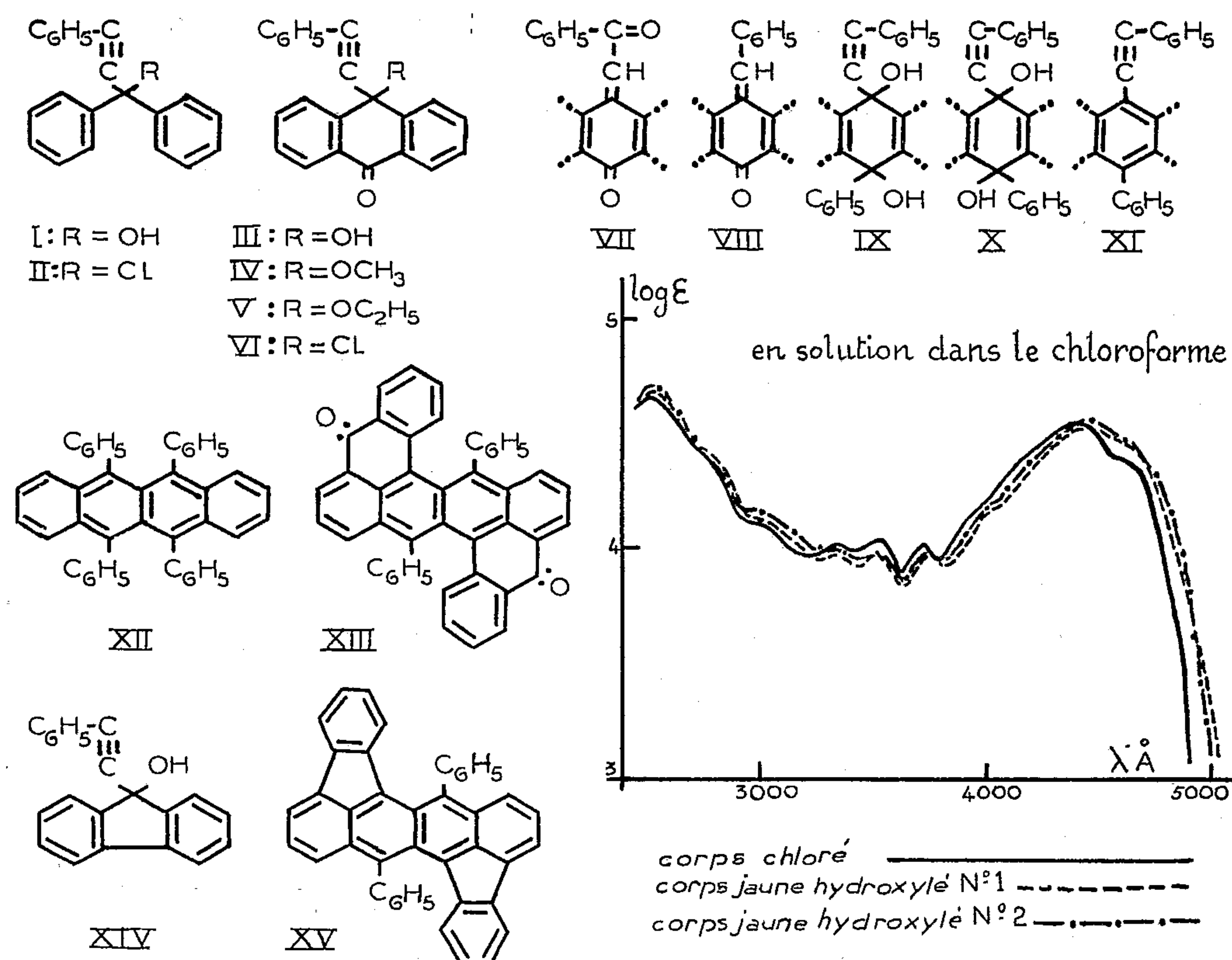
Du côté des propriétés du pont carbonylé, on a essayé la phénylation simple, d'où sont résultés les deux diquinols stéréoisomères IX et X ($C_{28}H_{20}O_2$), dont les fusions instantanées se trouvent respectivement à 185-186° et 219-220°. L'un et l'autre sont réduits par l'acide iodhydrique aqueux en un hydrocarbure acétylénique ($C_{28}H_{18}$), le phényléthynyl-9 phényl-10 anthracène, XI, corps jaune pâle, F_{inst} 206-207°.

On a alors abordé les tentatives de réaction rubrénique, réaction qui

(*) Séance du 4 octobre 1954.

([1]) G. Rio, *Ann. Chim.*, (12), 9, 1954, p. 193.

engendre un mésotétraarylnaphtacène de type XII, et qui consiste en la duplication par thermolyse d'un chlorure triarylpropargylique, de type II, avec perte de deux ClH. Dans le cas présent, le chlorure propargylique était le composé VI et, le rubrène escompté, le composé XIII.



L'ester chlorhydrique ($C_{22}H_{13}OCl$), VI, s'obtient au mieux par l'action du chlorure de thionyle sur l'oxanthrone III en solution éthérée refroidie; c'est un produit incolore, F_{inst} 160-161°.

Il a été soumis à de nombreux essais de thermolyse, dans des conditions variées, sans fournir la moindre trace du rubrène cherché XIII. A la place de ce corps, on a bien obtenu un produit de duplication, mais avec élimination d'une molécule seulement d'acide chlorhydrique; la deuxième molécule n'a pas pu être enlevée, même par la potasse glycolique à 180°. Le corps ainsi formé ($C_{44}H_{25}O_2Cl$) se présente en cristaux jaune vif, F_{inst} 375-376° (bloc d'or), manifestant une forte fluorescence en solution. Sa constitution est en cours d'étude.

Ces essais infructueux de préparation d'un rubrène cyclisé sont à rapprocher

de ceux qui furent faits ([2]), sans un meilleur résultat, à partir du fluorénol acétylénique XIV, matière première dans laquelle les phényles géminés de l'alcool triphénylpropargylique de base I sont liés directement, au lieu de l'être par un pont carbonylique comme dans l'oxanthrone III. Il s'était formé par thermolyse, là encore, mais sans perte de ClH, un produit de duplication qu'il n'avait pas été possible de transformer en composé rubrénique. On avait invoqué alors, comme cause de cette résistance à la rubrénisation, les tensions que devait exercer sur la structure le double enchaînement phénylénique du rubrène à former XV. Cette explication ne paraît pas valable dans le cas présent où les deux cyclisations hexagonales supplémentaires de XIII doivent être considérées comme sans tension. Il semblerait ainsi que ce soit le manque de mobilité des phényles géminés, autour d'une liaison simple comme axe, qui détourne le cours de la réaction, peut-être par empêchement stérique. Au reste, la rigidité conférée par la double cyclisation carbonylée ne permet pas de loger les deux phényles isolés sans une légère distorsion de la structure et ce pourrait être la cause réelle de l'échec de la réaction rubrénique.

Un autre corps jaune, fluorescent, mais dépourvu de chlore, se forme à partir de l'oxanthrone III par action à 70° d'acide sulfurique dilué à volumes égaux par de l'éthanol. Il est sublimable vers 250° sous vide très poussé (à 1/1 000[e] de mm Hg) et il fond instantanément à 386-388° (bloc d'or). Sa composition centésimale correspond à la formule brute $C_{44}H_{26}O_3$, qui est celle du corps fluorescent chloré dont l'atome de chlore est remplacé par un hydroxyle. Malgré la présence vérifiée, d'un hydrogène mobile, ce qui rend vraisemblable l'existence d'un hydroxyle libre, on n'a pas réussi à passer au corps chloré par estérification.

Un deuxième corps jaune fluorescent non chloré, $C_{44}H_{26}O_3$, a été obtenu. Isomère du précédent, il se forme à sa place si l'opération est faite en acide sulfurique concentré ; le même agent produit d'ailleurs l'isomérisation. En réalité, les deux corps se forment côte à côte, avec prépondérance de l'un ou de l'autre suivant la concentration de l'acide. Chose singulière, la préparation du second composé se fait à froid et avec de bien meilleurs rendements (80 %), avec l'acide dilué, quand le diluant est le dioxanne. Le corps sublime plus difficilement que son isomère, il s'en différencie, en outre, par une solubilité moindre, par un léger écart entre les points de fusion, [F_{inst} 384-386° (bloc d'or)] et surtout par une dépression de l'ordre de 20° à l'épreuve du mélange.

Les trois corps jaunes fluorescents doivent avoir la même structure d'après leurs spectres, tellement voisins qu'il est à peine possible d'en faire des reproductions distinctes sur le même graphique (*fig.* 1).

([2]) C. Dufraisse et A. Pères de Carvalho, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1615.

Nota. — Les structures qui avaient été données dans cette Note répondaient à l'ancienne formule bifulvénique du rubrène, reconnue depuis comme étant naphtacénique.

MÉCANIQUE STATISTIQUE. — *Construction des transformations de Reynolds régulières.* Note de M. **Joseph Kampé de Fériet.**

Nous construisons toutes les transformations de Reynolds régulières opérant dans un ensemble de fonctions mesurables non négatives.

1. Nous conservons les définitions et les notations de la Note précédente [1] et nous nous proposons de construire toutes les transformations de Reynolds régulières, opérant dans l'ensemble $\mathfrak{M}$ des fonctions $f(x)$ à valeurs réelles non négatives sur un ensemble X, mesurables par rapport à une σ-algèbre $\mathcal{F}$ de parties de X. D'après Mme M. L. Dubreil-Jacotin [2], une transformation de Reynolds est *régulière* si toute intersection de T-idempotents est un T-idempotent, autrement dit, si le treillis de Boole $\mathcal{F}_T$ des T-idempotents est complet par rapport à l'intersection [3]. Soit θ_T la partition de X la moins fine, plus fine que toutes les T-partitions; ses classes F_k^* (où k décrit un ensemble d'indices K quelconque, fini ou infini, dénombrable ou non) sont des T-idempotents et pour tout $F \in \mathcal{F}_T$, il existe un ensemble d'indices $H \subset K$ tel que

$$F = \bigcup_{k \in H} F_k^*. \tag{1}$$

2. Désignons par $\mathcal{F}_k$ la σ-algèbre, trace de $\mathcal{F}$ sur F_k^* : c'est l'ensemble de toutes les parties de X de la forme $E \cap F_k^*$, $E \in \mathcal{F}$; choisissons arbitrairement une mesure de probabilité ν_k sur chaque $\mathcal{F}_k$:

$$0 \leqq \nu_k(E) \leqq \nu_k(F_k^*) = 1, \qquad E \in \mathcal{F}_k \tag{2}$$

Théorème I. — *Étant donné un treillis complet $\mathcal{F}_T$ de parties de X, toute transformation de Reynolds régulière, dont l'ensemble des T-idempotents est identique à $\mathcal{F}_T$, s'obtient en définissant la mesure $\lambda_x(E)$ par :*

$$\lambda_x(E) = \nu_k(E \cap F_k^*), \qquad \text{pour } x \in F_k^*, \qquad E \in \mathcal{F}. \tag{3}$$

Si λ_x correspond à une transformation de Reynolds, il est clair, d'après les hypothèses sur $\mathcal{F}_T$, qu'elle sera nécessairement régulière ; comme nous avons prouvé, dans la Note précédente, que la condition (C'_3) est nécessaire et suffisante pour que λ_x définisse une transformation de Reynolds, il suffit donc d'établir que, avec nos hypothèses sur $\mathcal{F}_T$, (3) est équivalente à (C'_3). Or, pour un E donné, $\lambda_x(E)$, considérée comme fonction de x, doit être mesurable par rapport à $\mathcal{F}_T$; par conséquent, lorsque x parcourt F_k^*, $\lambda_x(E)$ doit prendre une valeur constante indépendante de x : soit $\lambda_x(E) = \nu_k(E)$ pour tout $x \in F_k^*$;

(1) J. Kampé de Fériet, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 787.

(2) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1136.

(3) $\mathcal{F}_T$ est alors un treillis complet, car il est simultanément complet par rapport à l'union.

d'autre part, pour $F \in \mathcal{F}_T$, $\lambda_x(F) = c_F$, d'où, si $x \in F_k^*$: $\lambda_x(F) = c_{F \cap F_k^*}$; donc, si on suppose $x \in F_k^*$, (C_3') s'écrit

$$\nu_k(E \cap F) = C_{F \cap F_k^*}\, \nu_k(E),$$

d'où

$$\nu_k(E \cap F_k^*) = \nu_k(E), \qquad \nu_k(E \cap F_j^*) = 0 \quad \text{si} \quad j \neq k;$$

comme la mesure de probabilité ν_k est arbitraire, ceci démontre l'équivalence de (3) et (C_3').

3. La mesure λ_x étant connue, la valeur au point x de la transformée de Reynolds de $f \in \mathcal{M}$ est donnée [4] par

$$Tf = \int_X f(y)\, d\lambda_x.$$

THÉORÈME 2. — *Sur toute classe de θ_T, une transformation de Reynolds régulière a une valeur constante :*

$$(4) \qquad Tf = \int_{F_k^*} f(y)\, d\nu_k, \qquad x \in F_k^*.$$

4. Soit X la droite réelle et $\mathcal{F}$ l'ensemble $\mathcal{P}(x)$ de toutes les parties de X; $\mathcal{M}$ est l'ensemble de toutes les fonctions non négatives sur X.

Exemple A. — Soit K l'ensemble de tous les nombres réels k non négatifs; prenons pour classe F_k^* de θ_T, le couple de points $\{-k, k\}$; l'ensemble $\mathcal{F}_T$ des T-idempotents comprend toutes les parties de X symétriques par rapport à o; la mesure de probabilité ν_k la plus générale sur $\mathcal{F}_k$ s'obtient en plaçant aux points $-k$ et k deux masses arbitraires de somme égale à 1; la transformation de Reynolds régulière la plus générale correspondant à $\mathcal{F}_T$ est donc donnée par

$$Tf = m(|x|)f(-|x|) + [1 - m(|x|)]f(|x|)$$

la fonction m étant seulement assujettie à

$$0 \leqq m(|x|) \leqq 1.$$

En donnant à m les valeurs constantes 1/2 et o, on retrouve respectivement les exemples A et B de la Note précédente.

Exemple B. — Prenons pour K l'ensemble des nombres $0 \leqq k < 1$ et définissons la classe F_k^* comme l'ensemble des $x \equiv k \pmod 1$; la mesure de probabilité la plus générale sur $\mathcal{F}_k$ s'obtient en plaçant une masse $\nu_{k,n}$ au point $k + n$ (n entier)

$$\sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} \nu_{k,n} = 1, \qquad \nu_{k,n} \geqq 0;$$

---

[4] La fonction $f \geqq 0$ étant seulement assujettie à être mesurable, si f n'est pas intégrable par rapport à λ_x, cette formule signifie que $Tf = +\infty$ au point x.

la transformation de Reynolds régulière la plus générale correspondant à $\mathcal{F}_T$ est définie par :

$$Tf = \sum_{n=-\infty}^{n=+\infty} f(k+n)\nu_{k,n}, \qquad \text{pour} \quad x \equiv k \qquad (\text{mod } 1).$$

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Étude au microscope électronique de la « Bordure en brosse » du tube urinaire des Mammifères.* Note de MM. **Albert Policard, André Collet** et Mme **Lucette Giltaire-Ralyte.**

Étude au microscope électronique de la bordure en brosse du nephron chez le Rat. Elle est formée de filaments protoplasmiques dont l'ensemble constitue une surface absorbante d'étendue considérable expliquant le volume de la résorption de l'urine glomérulaire.

Au cours de recherches sur l'action de la silice sur le rein, nous avons été amenés à faire diverses constatations, au microscope électronique, sur la structure et le fonctionnement inframicroscopiques de la bordure en brosse du tube urinaire des Mammifères. On sait l'obscurité qui règne encore sur ces questions malgré les nombreux travaux histologiques qui lui ont été consacrés depuis près de 70 ans. D'intéressantes recherches au microscope électronique ont récemment porté sur ce problème (1), (2), (3), (4). Leurs résultats toutefois comportent certaines contradictions et ne sont pas décisifs.

Nos recherches ont été faites avec la technique classique aujourd'hui : fixation osmique, coupes de 0,1 μ, examen à des grossissements de 5 000 à 20 000 (Microscope Philips).

Constatations morphologiques. — Sur les coupes ultraminces de rein de Rat, on peut constater sans ambiguïté que la bordure en brosse est faite de filaments protoplasmiques plus ou moins serrés les uns contre les autres en ordre parallèle.

Quand leur accolement est faible, et quand la bordure en brosse est légèrement dissociée, on voit nettement ses filaments isolés. Ils sont tous identiques. Leur longueur, qui est celle de la bordure en brosse, est de 3 μ environ. Le caractère filamenteux de ces formations est évident. Suivant des conditions qui restent à préciser, leur état de gonflement semble varier. Aussi leur diamètre transversal peut osciller entre 330 et 700 Å environ.

Les filaments montrent une zone axiale claire dont la structure interne est difficile à préciser. A la périphérie, se trouve une membrane extrêmement

(1) A. Gautier et W. Bernhardt, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 1479.
(2) D. C. Pease et R. F. Baker, *Amer. Journ. Anat.*, 87, 1950, p. 349.
(3) A. J. Dalton, *Journal Nat. Canc. Inst.*, 11, 1951, p. 1163.
(4) F. S. Sjöstrand et J. Rodin, *Exper. Cell Res.*, 4, 1953, p. 426.

mince (100 à 150 Å environ), plus dense et, par là, très nette. Souvent, mais non constamment, les filaments montrent à leur extrémité une sorte de petit chapeau très dense et plus ou moins arrondi.

Sur des coupes de la brosse parallèles à sa surface libre, et sectionnant ainsi les filaments perpendiculairement à leur axe, deux aspects peuvent être observés.

Quand les filaments sont rétrécis, ils apparaissent comme des points denses, de 330 à 400 Å de diamètre, séparés par des espaces clairs de 350 Å environ. Dans certaines de ces coupes transversales de filaments rétrécis, on peut reconnaître, assez malaisément du reste, une zone centrale plus claire correspondant à l'axe clair visible sur les vues longitudinales.

A l'opposé, un autre aspect est fréquent. Les filaments, gonflés, sont serrés les uns contre les autres, leurs membranes périphériques adhèrent entre elles et donnent ainsi l'image d'un ensemble continu dense au sein duquel les axes coupés en travers apparaissent comme des cavités rondes et claires. L'aspect général est celui d'une sorte de cuticule dense perforée par des canalicules. Il explique la description de certains observateurs.

L'insertion des filaments sur le corps cellulaire est difficile à saisir, cette zone étant particulièrement dense au microscope électronique. Cependant, en quelques points, il nous a semblé que le contenu de l'axe clair des filaments se continuait directement avec le cytoplasma du corps cellulaire. Par contre, le passage de la membrane des filaments avec celle de la cellule n'a pu être précisé avec sûreté.

Sur certaines sections exactement tangentielles de la bordure en brosse, il est aisé de compter les filaments. Pour une surface de 0,25 μ^2, nous avons trouvé 32 ± 4 filaments, soit 128 par μ^2.

Considérations histophysiologiques. — Le diamètre des segments proximaux à brosse est à peu près identique chez le Rat et chez l'Homme. Chez ces mammifères, la circonférence de la bordure en brosse, à sa base, est de 25 à 30 μ. On sait, d'autre part, que chez l'Homme, le segment proximal a une longueur moyenne de 14 mm. La surface totale de la brosse dans un néphron est donc de 420 000 μ^2 soit 0,42 mm^2.

Les filaments de la brosse, cylindres réguliers de 3 μ de haut et de 0,05 μ de diamètre, ont donc sensiblement une surface de 0,5 μ^2 compte non tenu des sommets des filaments. Comme il existe 128 filaments par μ^2, la surface totale des filaments par μ^2 sera sensiblement de 64 μ^2; pour les 420 000 μ^2 d'un néphron, elle sera de 26 880 000 μ^2, soit sensiblement 26 mm^2.

Dans l'ensemble des deux reins de l'Homme, il existe environ de 2 000 000 à 2 500 000 néphrons. La surface totale de l'ensemble des filaments des bordures en brosse sera donc de 52 000 000 à 65 000 000 millimètres carrés, soit 52 à 65 mètres carrés.

La connaissance, même très approchée, de la valeur d'une telle surface

absorbante, constituée dans le tube urinaire par la bordure en brosse et ses filaments protoplasmiques, a un intérêt certain en ce qui concerne le problème physiologique suivant. Les études faites sur la concentration de substances physiologiquement inertes vis-à-vis de la fonction rénale (xylose ou inuline par exemple) ont montré que, pour un volume moyen de 1 500 cm^3, il était nécessaire que soit filtrée chaque jour au niveau du glomérule une masse de 150 à 200 l d'urine « provisoire » glomérulaire; de celle-ci, la totalité moins 1 500 cm^3 est réabsorbée par le tube urinaire. Ce volume avait d'abord paru si considérable qu'on en avait tiré un argument contre la théorie de la filtration-résorption. On avait ultérieurement constaté que chaque 24 h environ 1 500 l de sang traversaient les reins. Mais si, par là, le volume considérable de la filtration glomérulaire était expliqué, il restait à déterminer le mécanisme d'une résorption aussi considérable. L'existence d'une surface de résorption de 52 à 65 m^2 dans le système rénal peut contribuer à le faire comprendre.

M. **René Souèges** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *La vie végétale. La cinématique de la vie* (¹).

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie et d'offrir à la bibliothèque de l'Institut un Ouvrage qui vient de paraître sous ma signature et qui a pour titre : *La vie végétale. La cinématique de la vie.* Il fait suite à un travail précédent analogue qui se rapporte à la *Dynamique de la vie*, c'est-à-dire aux forces physicochimiques qui, chez la plante, déterminent toute son activité, en réalité tous ses mouvements. Ceux-ci, dans le présent Ouvrage, sont considérés à deux étapes de la vie, celle du développement d'abord, c'est-à-dire de la génération ou du déploiement des parties, puis celle de la croissance, autrement dit de l'accroissement de ces parties dans le cadre du moule spécifique. Le développement individuel comporte trois tronçons, l'un relatif à l'embryon, le deuxième à la plantule, le troisième à l'adulte. Les processus morphologiques et physiologiques de la croissance sont succinctement résumés et l'attention a été tout particulièrement attirée, *in fine*, sur ces mouvements qui traduisent une sensibilité propre de la plante dont le siège ne peut être que le protoplasme vivant. L'Ouvrage ne vise pas à l'érudition; il cherche seulement à donner un aperçu très condensé de notions très simples, solidement acquises, sous une forme accessible à toute personne quelque peu cultivée.

M. **Gaston Julia** présente à l'Académie la deuxième édition d'un Ouvrage de M. Paul Dubreil intitulé : *Algèbre*. Tome I. *Équivalences, opérations, groupes, anneaux, corps,* dont il a écrit la *Préface*.

(¹) Bibliothèque de Philosophie scientifique, Flammarion, 1954.

M. **Philibert Guinier** offre à l'Académie les trois fascicules suivants : 1° *Hommage au Professeur Lucien Cuénot* (1866-1951); 2° *Charles Flahault* (1852-1935); 3° *Allocution à l'inauguration du Monument Flahault à l'Hort de Dieu,* 12 *juillet* 1936.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats au poste d'Astronome titulaire de l'Observatoire de Paris, pour la première ligne, M. *Paul Couderc* obtient 61 suffrages contre 2 à M. *Charles Bertaud*; il y a 1 bulletin blanc.

Pour la seconde ligne, M. *Charles Bertaud* obtient 42 suffrages contre 7 à Mme *Rose Bonnet*; il y a 4 bulletins blancs.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne .... M. **Paul Couderc.**
En seconde ligne .... M. **Charles Bertaud.**

DÉSIGNATIONS.

MM. **Albert Caquot**, **Gaston Fayet** et **Joseph Pérès** sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu le 28 octobre 1954, dans les Bureaux de la **Compagnie des Machines Bull**, pour la présentation à différentes personnalités scientifiques et industrielles du **Centre national de Calcul électronique** que cette Compagnie y a installé et qu'elle mettra gracieusement, chaque mois, pendant un certain nombre d'heures, à la disposition des laboratoires de recherches français.

MM. **Jacques Hadamard**, **Louis de Broglie**, **Albert Caquot**, **Jean Chazy**, **Paul Montel**, **Joseph Pérès**, **Albert Portevin**, **Paul Pascal**, **Roger Heim**, **Georges Darrieus** et **Georges Poivilliers** sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu à la Sorbonne, le 4 novembre 1954, à l'occasion du Cent-vingt-cinquième anniversaire de la fondation de l'**École centrale des arts et manufactures.**

CORRESPONDANCE.

MM. **Paul Bastien** et **René Perrin** prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des applications de la science à l'industrie, par le décès de M. *René Barthélemy*.

M. **Georges Muguet**, statuaire, fait hommage à l'Académie d'un buste en terre cuite de **Maxime Laubeuf.**

L'Académie est informée de la réunion à Zurich du **XIVe Congrès international de chimie pure et appliquée** (**chimie organique**), les 21-27 juillet 1955 et de la **XVIIIe Conférence de l'Union**, les 20-28 juillet 1955.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Publicações do Observatório astronómico da Universidade de Coimbra.* N° 1. *Sobre a teoria da refracção astronómica*, pelo Manuel dos Reis.

2° Koninklijk Nederlands meteorologisch Instituut. *Weers verwachtingen op lange termijn*, door W. Van der Bijl. *Verspreide opstellen* 1.

3° *Studies on desoxyribonucleoprotein and desoxyribonucleic acid*, by Gösta Frick (Thèse, Uppsala).

4° *Is the Giorgi System of Units to be Considered Three-or Four-Dimensional?* by Francè Avčin.

THÉORIE DES RELATIONS. — *Sur certaines suites d'équivalences dans une classe ordonnée, et sur leur application à la définition des parentés entre relations.* Note de MM. **René de Possel** et **Roland Fraïssé**, présentée par M. Gaston Julia.

A partir d'une équivalence 2-régulière par rapport à un ordre partiel, définition d'une opération conduisant à une équivalence plus fine. Application aux définitions des parentés entre multirelations et polyrelations définies précédemment par R. Fraïssé (1), (2), et aux définitions directes de ces parentés dans le cas des relations.

1. Dans une classe $\mathcal{C}$, soit $\mathcal{E}$ une équivalence et $\prec$ un ordre partiel. Définissons dans $\mathcal{C}$ une relation $\overline{\mathcal{E}}$ entre deux éléments A et A′ de la façon suivante : *quel que soit* $B \succ A$, *il existe un* $B' \succ A'$ *tel que* $B \overset{\mathcal{E}}{\sim} B'$, *et il en est de même en échangeant* A *et* A′. On voit aisément que $\overline{\mathcal{E}}$ est une équivalence. Supposons en outre que $\mathcal{E}$ soit 2-*régulière* par rapport à $\prec$, c'est-à-dire vérifie la condition (3)

$$A \overset{\mathcal{E}}{\sim} B \succ A' \overset{\mathcal{E}}{\sim} B' \succ A \Rightarrow A \overset{\mathcal{E}}{\sim} A'.$$

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1682 et 230, 1950, p. 1022.

(2) *Thèse*, Paris, 1953.

(3) La 2-*régularité* ici définie est plus faible que la *régularité* définie par M.-L. Dubreil-Jacotin et R. Croizot, *Bull. Soc. Math. Fr.*, 80, 1952, p. 11.

En ce cas, on obtient une suite d'équivalences 2-régulières *de plus en plus fines* en posant $\mathcal{E}^1 = \mathcal{E}$ et, pour tout ordinal α, $\mathcal{E}^\alpha = \overline{\mathcal{E}^{\alpha-1}}$ ou $\mathcal{E}^\alpha = \bigcap_{\beta<\alpha} \mathcal{E}^\beta$. Si $\mathcal{E}$ est régulière, les $\mathcal{E}^\alpha$ le sont aussi. Les $\mathcal{E}^\alpha$ peuvent être distinctes pour tout α comme le montre l'exemple ci-dessous des α-parentés.

2. Rappelons que la *multirelation* ([4]), ([2]) est une suite finie de relations définies sur un même ensemble appelé base, et que la *polyrelation* s'en déduit en lui adjoignant une suite finie d'éléments distingués de la base ([1]). La *signature* s'obtient en remplaçant dans la polyrelation chaque relation par son nombre d'arguments et chaque élément distingué par zéro. Les différentes parentés entre polyrelations et multirelations peuvent être obtenues par le procédé ci-dessus.

Prenons pour $\mathcal{C}$ la classe des *polyrelations;* pour $\mathcal{E}$ l'équivalence « A *et* B *ont les mêmes types de restrictions finies* ». Si, pour B $\succ$ A, nous adoptons « B *se déduit de* A *par adjonction de relations ou d'éléments distingués* », $\mathcal{E}^\alpha$ coïncide avec l'α-*parenté* ([1]); si nous adoptons « B *se déduit de* A *par adjonction d'éléments distingués* », $\mathcal{E}^\alpha$ coïncide avec l'α-*subparenté* ([1]). La (n, τ)-*parenté* ([1]) se définit de même comme identique à $\mathcal{E}^n$ avec des choix plus compliqués de $\mathcal{E}$ et de n.

3. Prenons pour $\mathcal{C}$ la classe des *multirelations.* L'α-parenté se définit comme ci-dessus, B $\succ$ A signifiant « B *se déduit de* A *par adjonction de relations* ».

Donnons-nous un entier p, une signature σ de multirelation; prenons pour $\mathcal{E}$ l'équivalence suivante : « A *et* B *ont mêmes types de restrictions à* 1, 2, ..., p *éléments, et leur signature commune est une restriction de* σ »; pour B $\succ$ A, choisissons « B *se déduit de* A *par adjonction de relations qu'on suppose être les dernières, la signature de* B *étant une restriction de* σ ». On obtient ainsi pour $\mathcal{E}^n$ une équivalence que nous appellerons (n, p, σ)-*parenté,* où chaque classe est formée de multirelations de même signature, et qui est liée comme suit à la $\begin{bmatrix} n \\ p, \sigma \end{bmatrix}$-parenté définie antérieurement ([2]) : partageant la suite σ en deux suites partielles ρ, ρ', les classes de (n, p, σ)-parenté de signature ρ sont identiques aux classes de $\begin{bmatrix} n \\ p, \rho' \end{bmatrix}$-parenté de même signature ρ.

4. Mais les poly- et multirelations n'étaient introduites que comme intermédiaires, les résultats importants portant toujours sur des relations, ou étant susceptibles de se mettre sous cette forme. Le procédé ci-dessus permet de donner des définitions directes des parentés pour les relations. Supposons les arguments des relations numérotés.

Soit $\mathcal{F}$ *l'équivalence entre relations obtenue quand elles ont mêmes types de restrictions finies,* $\mathcal{F}_{p,q}$ *celle qui est obtenue quand elles ont mêmes types de restrictions à* 1, 2, ..., p *éléments et qu'elles ont au plus* q *arguments. Définissons* B $\succ$ A

([4]) R. Fraïssé, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1116.

par « A *est obtenue en donnant des valeurs fixes à certains arguments de* B, *qu'on suppose être les derniers* ».

L'équivalence $\mathcal{F}^\alpha$ est identique à la α-parenté appliquée aux relations. L'équivalence $\mathcal{F}^n_{p,q}$ sera appelée (n, p, q)-*parenté. Elle permet d'énoncer plus simplement les hypothèses de* (2) *ch.* VI. Elle est liée à la (n, r, σ)-parenté introduite ci-dessus de la façon suivante : soit n fixe; étant donnés r et σ, il existe p et q tels que la (n, p, q)-parenté entraîne la (n, r, σ)-parenté, et inversement en échangeant p, q avec r, σ. La *n-parenté bornée* (1) est obtenue dans le cas des relations comme la (n, p, q)-parenté vérifiée quels que soient p et q.

5. Pour définir directement les *subparentés* dans le cas des relations, il semble nécessaire d'employer un procédé un peu différent. Soient R et S deux relations de même nombre d'arguments, de bases D et E. Considérons les isomorphismes φ d'une restriction finie de R sur une restriction de S; adjoignons-leur un élément $\varphi_\emptyset$ dont « l'ensemble de définition » serait vide, et dont tout autre φ serait un prolongement. Soit $\mathcal{C}$ un ensemble de φ; $\overline{\mathcal{C}}$ sera l'ensemble des φ ainsi définis : pour toute partie finie F de D contenant l'ensemble sur lequel φ est défini, il existe un prolongement de φ à F appartenant à $\mathcal{C}$, et il en est de même en échangeant R et S.

$\overline{\mathcal{C}}$ est contenu dans $\mathcal{C}$. On pose $\mathcal{C}^1 = \mathcal{C}$ et, pour tout ordinal α, $\mathcal{C}^\alpha = \overline{\mathcal{C}^{\alpha-1}}$ ou $\mathcal{C}^\alpha = \bigcap_{\beta<\alpha} \mathcal{C}^\beta$.

Soit $\mathcal{C}^{\mathrm{R,S}}$ l'ensemble de tous les isomorphismes d'une restriction finie de R sur une restriction de S, et $\mathcal{C}^{\mathrm{R,S}}_p$ l'ensemble de ceux qui sont définis sur p éléments au plus (y compris $\varphi_\emptyset$). *Si l'ensemble* $(\mathcal{C}^{\mathrm{R,S}})^\alpha$ *contient* $\varphi_\emptyset$, *nous dirons que* R *et* S *sont* α-*subparents*. Cette notion coïncide avec l'α-subparenté entre polyrelations appliquées aux relations.

Si l'ensemble $(\mathcal{C}^{\mathrm{R,S}}_p)^n$ contient $\varphi_\emptyset$, nous dirons que R et S sont (n, p)--*subparentes. Cette notion coïncide avec la* (n, τ)-*parenté appliquée aux relations, en supposant que la signature* τ *se réduit à une suite de* p *zéros*. La *n-subparenté bornée* (1) est obtenue dans le cas des relations comme étant la (n, p)-subparenté vérifiée quel que soit p.

6. Ces dernières définitions des parentés et subparentés entre relations permettraient de remonter assez simplement aux définitions entre multi- et polyrelations.

ALGÈBRE. — *La non-existence des groupes de Lie formels non abéliens à un paramètre.* Note de M. **Michel Lazard**, présentée par M. Jacques Hadamard.

On donne une démonstration complète et très élémentaire du théorème indiqué dans le titre de cette Note. Ce résultat n'était connu, semble-t-il, que lorsque l'anneau de base est un anneau d'intégrité de caractéristique zéro.

Soit K un anneau commutatif, possédant une unité, et sans éléments nilpotents ([1]). Considérons l'algèbre des séries formelles sans termes constants $A \subset K[[x, y, z]]$ par rapport aux indéterminées x, y, z ([2]). Soit

$$f(x, y) = \sum_{i,j} a_{i,j} x^i y^j \qquad (a_{ij} \in K)$$

un élément de A tel que $f(f(x, y), z) = f(x, f(y, z))$, et que $a_{1,0} = a_{0,1} = 1$.

Théorème. — *Si $f(x, y)$ vérifie les conditions précédentes, $f(x, y) = f(y, x)$.*

Démonstration. — Posons, pour tous $u, v \in A$, $f(u, v) = u \star v$. Alors A devient un groupe par rapport à l'opération $\star$. En effet, c'est une opération associative, et les équations $t \star u = v$, $u \star t = v$ sont toujours résolubles en t quels que soient $u, v \in A$ ([3]). L'élément neutre pour l'opération $\star$ est zéro ; l'inverse $g(u)$ de $u \in A$ est défini par $f(u, g(u)) = 0$, et l'on a

$$(1) \qquad g(u) = -u + \sum_{i=2}^{\infty} b_i u^i \qquad (b_i \in K).$$

Nous désignerons par $h(x, y)$ le commutateur de x et y pour l'opération $\star$:

$$(2) \qquad h(x, y) = x \star y \star g(x) \star g(y) = \sum_{i,j} c_{i,j} x^i y^j \qquad (c_{i,j} \in K).$$

La relation « $f(x, y) = f(y, x)$ » signifie que le groupe A est abélien pour l'opération $\star$. Elle équivaut donc à « $c_{i,j} = 0$ pour tous i, j ».

Nous poserons, pour $u, v \in A$ ([4]) :

$$(3) \qquad u^v = v \star u \star g(v) = h(v, u) \star u.$$

Une identité générique de la théorie des groupes, due à Philip Hall, nous permet d'écrire la relation

$$(4) \qquad h(h(x, y), z^y) \star h(h(y, z), x^z) \star h(h(z, x), y^x) = 0.$$

Nous ordonnerons lexicographiquement les monomes de A en posant $cx^i y^j z^k < c' x^{i'} y^{j'} z^{k'}$ lorsque $c, c' \in K$, $c, c' \neq 0$, et que la première des trois différences $i' - i$, $j' - j$, $k' - k$, non nulle est positive.

Si l'on n'a pas toujours $c_{i,j} = 0$ dans (2), soit α le plus petit entier tel que $c_{\alpha,i}$ ne soit pas nul pour tout i, et β le plus petit entier tel que $c_{\alpha,\beta} \neq 0$. On a certainement $c_{i,j} = 0$ si i ou $j = 0$, car $h(x, 0) = h(0, y) = 0$; donc $\alpha > 0$. Nous allons montrer que le développement du premier membre de (4) contient

---

([1]) C'est-à-dire que, si n est un entier positif, $a \in A$ et $a^n = 0$ impliquent $a = 0$.

([2]) *Cf.* Bourbaki, *Algèbre*, chap. 4, § 5.

([3]) *Ibid.*, n° 9.

([4]) On ne confondra pas la notation u^v des « automorphismes intérieurs » avec la notation u^i des puissances dans l'algèbre A.

le monome non nul de rang minimum : $-c_{\alpha,\beta}^{\beta+1} x^\alpha y^{\alpha\beta} z^{\beta^2}$. Le théorème en résultera.

Démontrons d'abord le résultat suivant : pour tout $i \leqq \alpha$ et tout j, $c_{i,j} + c_{j,i} = 0$. En effet, d'après (1) :

$$(5) \qquad h(y, x) = g(h(x, y)) = -h(x, y) + \sum_{i=2}^{\infty} b_i(h(x, y))^i.$$

Tous les termes de degré $\leqq \alpha$ par rapport à x sont fournis, dans le second membre de (5), par $-h(x, y)$, ce qui établit le résultat énoncé.

Premier cas : $\alpha > 1$. — Alors $\alpha^2 > \alpha$. Dans $h(h(x, y), z^y)$ et dans $h(h(z, x), y^x)$, le degré minimum par rapport à x des monomes non nuls est α^2. Par contre dans le développement de

$$(6) \qquad h(h(y, z), x^z) = \sum_{i,j} c_{i,j} \Big(\sum_{k,l} c_{k,l} y^k z^l \Big)^i (x^z)^j$$

apparaissent des monomes non nuls de degré α en x. On voit facilement que le monome de rang minimum dans (6) est $-c_{\alpha,\beta}^{\beta+1} x^\alpha y^{\alpha\beta} z^{\beta^2}$.

Or, dans le développement de $x \star y \star z$, la somme des termes de degré total 1 est égale à $x + y + z$. Si nous développons le premier membre de (4), les termes de degré α en x seront égaux aux termes de degré α en x dans $h(h(y, z), x^z)$, et le monome de rang minimum $-c_{\alpha,\beta}^{\beta+1} x^\alpha y^{\alpha\beta} z^{\beta^2}$ ne pourra pas se réduire.

Deuxième cas : $\alpha = 1$. — La somme des termes de degré 1 en x dans le premier membre de (4) sera égale à la somme de ces termes dans les développements des trois « facteurs » : $h(h(x, y), z^y)$, $h(h(y, z), x^z)$, $h(h(z, x), y^x)$.

La somme des termes de degré 1 en x dans le développement de $h(h(x, y), z^y)$ est égale à

$$(7) \qquad \sum_{i,j} c_{1,i} c_{1,j} x y^i (z^y)^j.$$

Remarquons que si l'on fait $x = 0$ dans y^x on obtient y. Donc la somme des termes de degré 1 en x dans le développement de $h(h(z, x), y^x)$ est égale à

$$(8) \qquad \sum_{i,j} c_{i,1} c_{1,j} x y^j z^i.$$

Additionnons (7) et (8), en tenant compte de $c_{1,i} + c_{i,1} = 0$. Il vient

$$(9) \qquad \sum_{i,j} c_{1,i} c_{1,j} x y^i ((z^y)^j - z^j).$$

Remarquons que chaque monome du développement de $(z^y)^j - z^j$ est de degré au moins égal à 1 en y. Chaque monome non nul du développement de (9) est donc au moins de degré $(\beta + 1)$ en y.

Considérons par contre la somme des termes de degré 1 en x dans $h(h(y, z), x^{s})$, qui est la même que dans le développement de

$$\sum_{i}{}' c_{i,1}\Big(\sum_{j,k} c_{j,k}\, y^{j} z^{k}\Big)^{i} x^{s}. \tag{10}$$

Nous y trouvons le monome non nul de rang minimum : $-c_{1,\beta}^{\beta+1}\, x y^{\beta} z^{\beta^2}$, qui ne peut pas se réduire dans le développement du premier membre de (4).

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la réductibilité d'une variété finslérienne.* Note de M. **Hassan Akbar-Zadeh**, présentée par M. Joseph Pérès.

Une variété riemannienne est réductible si le groupe d'holonomie homogène restreint σ_x est réductible (ce qui entraîne la réductibilité de ρ_x) [1]. Il en est de même pour une variété finslérienne si en outre le tenseur de torsion de la variété est réductible relativement à σ.

Soit F_n une variété finslérienne de dimensions n de métrique [2].

$$ds^2 = L^2(x^i, dx^i) = \sum_{1}^{n} (\omega_i)^2 = 2\,F(x^i, dx^i) \tag{1}$$

où L est une fonction positivement homogène de degré un par rapport aux dx^i.

1. *La variété des éléments linéaires tangents.* — Soit V_{2n-1} la variété des éléments linéaires (x, x') tangents à F_n ; un point de cette variété sera désigné par z ; V_{2n-1} est muni d'une structure d'espace fibré en sphères, différentiable, de base F_n ; la projection canonique sera désignée par p $(x = pz)$. La projection sur F_n d'un chemin $l(z_0, z_1)$ (resp lacet) de V_{2n-1} sera un chemin (resp lacet) de F_n. A tout point z nous associons l'espace vectoriel T_{pz} tangent à F_n en $x = pz$. Par transport parallèle à l'aide de la connexion finslérienne, le groupoïde des lacets en z, homotope à o de V_{2n-1} est appliqué sur le groupe d'holonomie homogène restreint σ_z, groupe qui opère dans T_{pz}. Ce groupe peut être identifié à un sous-groupe de o(n). Supposons σ_z réductible. Si $T_z^{(1)}$ (T_{pz} est un r-plan $(0 < r < n)$ invariant par σ_z, tout vecteur orthogonal à $T_z^{(1)}$ sera transformé par une rotation de σ_z en vecteur orthogonal à $T_z^{(1)}$. Il s'ensuit que si, $T_z^{(2)} \subset T_{pz}$ est le q-plan $(r + q = n)$ perpendiculaire à $T_z^{(1)}$, il sera lui aussi invariant vis-à-vis de σ_z. Déplaçons par parallélisme tous les éléments attachés à z le long de $l(z_0, z_1)$; le groupe d'holonomie σ_{z_1} attaché à z_1 qui est *isomorphe* à σ_{z_0} [3] laissera aussi invariants les hyperplans obtenus $T_{z_1}^{(1)}$ et $T_{z_1}^{(2)}$. A l'aide de repères orthogonaux convenables, les hyperplans $T_z^{(1)}$ et $T_z^{(2)}$ peuvent être

(1) A. Lichnerowicz, *Sur les groupes d'holonomie des variétés Riemaniennes*, Roma, 1954.

(2) A. Lichnerowicz, *Commentarii Mathematici Helvetici*, 1954, p. 290.

(3) A. Lichnerowicz, *Géométrie différentielle*, Cours de l'Université de Rome, 1954.

définis par :

$$(1.1)\qquad (T_z^{(1)})\quad \omega_{i_2}=0\quad (i_2=r+1\ldots n)\qquad (T_z^{(2)})\quad \omega_{i_1}=0\quad (i_1=1,2\ldots r)$$

L'hypothèse de la réductibilité de la torsion s'écrit :

$$(1.2)\qquad A_{i_1j_2h}=0\qquad (h=1,2\ldots n)$$

compte tenu de la relation précédente, l'équation de structure relative à la forme ω_{i_1} par exemple :

$$(1.3)\qquad d\omega_{i_1}=\omega_{k_1}\wedge\omega_{k_1i_1}+\omega_{k_2}\wedge\omega_{k_2i_1}+A_{i_1j_1k_1}\omega_{j_1}\wedge\theta_{k_1}$$

2. *Les systèmes* (1.1) *sont complètement intégrables*. Soit alors $\chi_z(\chi_{i_1}, 0)\in T_z^{1}$; par transport parallèle le long de $l(z, z_1)$ et vu l'invariance de $T^{(1)}$ par le $g.\ h$, σ ce vecteur doit rester dans $T^{(1)}$ d'où $\omega_{i_1k_2}=0=\omega_{k_2i_1}$ le système (1.3) se réduit à

$$(2.1)\qquad d\omega_{i_1}=\omega_{k_1}\wedge\omega_{k_1i_1}+A_{i_1j_1k_1}\omega_{j_1}\wedge\theta_{k_1}$$

Il en résulte la complète intégrabililité des systèmes de Pfaff (1.1), les ω_{i_1} sont de la forme $\omega_{i_1}=\lambda_{i_1j}(z)dx^j$ vue la complète intégrabilité nous avons

$$\omega_{i_1}=\mu_{i_1j_1}d\xi^{j_1}=\mu_{i_1j_1}\partial_j\xi^{j_1}dx^j+\mu_{i_1j_1}\partial_{i'}\xi^{j_1}dx'^i$$

d'après la forme ω_{i_1} on obtient $\partial_{i'}\xi^{j_1}=0$. Il en résulte que les ξ^{j_1} sont indépendants de la direction ; d'où l'existence de r intégrales premières (ξ^{i_1}) distinctes relatives à $(1.1)_1$, de même q intégrales premières (ξ^{i_2}) pour $(1.1)_2$ et $T_z^{(1)}$ et $T_z^{(2)}$ ne dépendent que de $x=pz$. De ce qui précède résulte que l'ensemble (ξ^{i_1}, ξ^{i_2}) forme un système de coordonnées locales de F_n et (1.1) s'écrit alors ; $\omega_{i_1}=a_{i_1j_1}(z)\,dx^{j_1}$, $\omega_{i_2}=a_{i_2j_2}(z)\,dx^{j_2}$ où a_{ij} est homogène de degré zéro par rapport aux x'^i. La métrique (I) devient alors

$$ds^2=\sum_1^r(\omega_i)^2+\sum_{r+1}^n(\omega_i)^2=g_{i_1j_1}\,dx^{i_1}\,dx^{j_1}+g_{i_2j_2}\,dx^{i_2}\,dx^{j_2}=2F_1+2F_2.$$

On sait que $A_{ijh}=(1/2)L\,\partial_{i'j'h'}F$ de la réductibilité de la torsion on déduit $\partial_{\lambda'_2}g_{i_1j_1}=0$. Il s'ensuit que $g_{i_1j_1}$ est indépendant de x'^{λ_2}.

3. Étant donné un vecteur $\varphi(\varphi^{\nu_1}, 0)\in T^{(1)}$, transportons le par parallélisme, ce vecteur doit rester dans $T^{(1)}$ d'où [4]

$$(3.1)\qquad \left\{ {\lambda_2 \atop i_1\ \ j} \right\}^*=0.$$

D'autre part $g_{i_1j_2}=0$, il vient

$$(3.2)\qquad [i_1j,\ \nu_2]^*=g_{\nu_2m}\left\{ {m \atop i_1\ \ j} \right\}^*=g_{\nu_2m_2}\left\{ {m_2 \atop i_1\ \ j} \right\}^*=0.$$

Mais d'après E. Cartan [4] compte tenu de (3.2) la formule (XII) nous donne

$$(3.3)\qquad C_{i_1j_1r_1}\partial\nu'_2\,G^{r_1}=\frac{1}{2}\partial\nu_2 g_{i_1j_1}.$$

---

(4) E. Cartan, espace de Finsler, p. 16 formule (XII).

En multipliant (3.3) par x'^{i_1} le premier membre s'annule, d'où

$$x'^{i_1}\,\partial\nu_2 g_{i_1j_1} = \partial\nu_2(x'^{i_1} g_{i_1j_1}) = \partial\nu_2 j'_1(\mathrm{F}_1) = 0.$$

Multiplions le dernier par x'^{i_1}, vu l'homogénité de F, nous obtenons

$$x'^{j_1}\,\partial_{j'_1}(\partial\nu_2 \mathrm{F}_1) = 2\,\partial\nu_2(\mathrm{F}_1) = 0 \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad \partial\nu_2 g_{i_1j_1} = 0.$$

Il en résulte que le tenseur $g_{i_1j_1}$ est indépendant de x^{ν_2} la métrique de F_n s'écrit

$$ds^2 = ds_1^2 + ds_2^2 \qquad \text{avec} \quad ds_1^2 = g_{i_1j_1}\,dx^{i_1}\,dx^{j_1}, \qquad ds_2^2 = g_{i_2j_2}\,dx^{i_2}\,dx^{j_2}.$$

MÉCANIQUE DES SOLIDES. — *Sur un modèle mécanique d'éprouvette composée d'éléments idéalement plastiques, à limite de résistance aléatoire.* Note de M. **Marcel Davin**, présentée par M. Maurice Roy.

Dans le cadre de l'étude que nous avons entreprise ([1]) sur la transmission des efforts entre éléments inégalement résistants constituant une éprouvette, nous admettons qu'un corps idéalement plastique, à faible coefficient de Poisson, soumis à un champ de contrainte vertical et uniforme à l'échelle macroscopique, est correctement représenté par le modèle mécanique suivant.

Les éléments sont figurés par des « *plots* » déformables par contraction ou extension verticale, mobiles dans des glissières verticales sans frottement, dont le diagramme contrainte-déformation est celui (*fig.* 1) de l'élément plastique idéal. Ils peuvent être réalisés matériellement en trois pièces, la pièce médiane coulissant à frottement constant r dans la pièce inférieure, et reliée à la pièce supérieure par un ressort de dureté e. Les plots sont alignés en colonnes verticales, la pièce inférieure de l'un étant liée rigidement à la pièce supérieure de son voisin de dessous par une « *pièce de jonction* » J. Au sommet du plot supérieur de chaque colonne une pièce de contact de même nature que les pièces J lie cette pièce à un *plateau supérieur horizontal de presse*, mobile, commun à toutes les colonnes du modèle; de même les plots inférieurs sont liés à un plateau horizontal inférieur fixe. Tous les plots étant supposés de même longueur dans l'état non contraint, et toutes les pièces J étant identiques, ces pièces se trouvent aussi disposées par plans horizontaux. La solidarité des éléments dans la direction horizontale est matérialisée par les « *organes de transmission latérale* » disposés entre pièces de jonction immédiatement voisines dans une direction horizontale. Ce sont des dispositifs analogues aux plots, conçus pour répondre par une réaction verticale à tout décalage vertical entre les deux pièces de jonction qu'ils relient, avec un diagramme du même type que celui de la figure 1 (les réactions horizontales, les moments, sont supposés absorbés par des glissières verticales sans frottement). Toutefois, pour apporter une simplification, qui

([1]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 869.

ne dénature pas le mécanisme de transmission latérale des efforts, nous supposons que la résistance limite M des « organes » est une constante certaine, alors que r, résistance limite des plots, est une variable aléatoire, les r de tous les plots étant indépendants et obéissant à la même loi de probabilité.

Nous supposons désormais que le modèle est « à deux dimensions » : tous les « plots », « pièces », ou « organes » d'un même plan horizontal sont alignés, chacun d'eux n'a que deux voisins immédiats en général dans la direction horizontale (un seul s'il est en bordure), selon le schéma de la figure 2 pour le modèle-plan à p colonnes et q rangées ($p=5$, $q=3$).

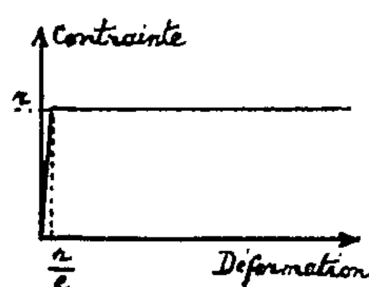


Fig. 1.

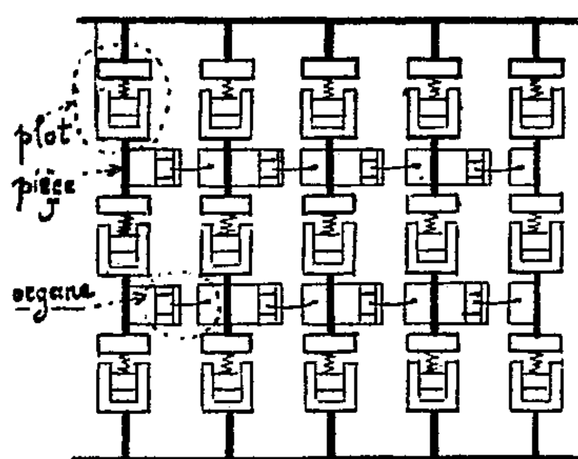


Fig. 2.

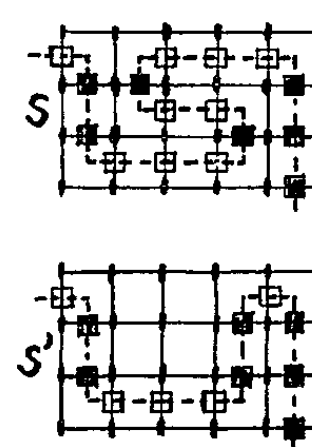


Fig. 3.

Quand un effort total F est exercé par les « plateaux de presse », le plateau mobile subit un déplacement Y et les différents plots se contractent ou s'étendent inégalement en raison de leurs différences de caractéristiques, la répartition entre eux de l'effort total F étant, elle aussi, inégale. Admettons que ces caractéristiques sont telles que lorsque Y augmente progressivement en valeur absolue, il en soit de même de toutes les déformations individuelles des plots ou organes; s'il n'en est pas ainsi, ce qui suit sera valable pour un modèle dont les plots et organes auront été modifiés de manière à présenter un diagramme *réversible*, ce qui est matériellement réalisable.

Choisissons dans chacune des colonnes de rang i ($i=1, 2, \ldots, p$) un plot de rang j_i à partir du plateau inférieur, soit r_{i,j_i} sa résistance limite. Nous avons établi la proposition suivante :

La résistance limite du modèle mécanique de corps plastique idéal, décrit ci-dessus, est égale à la plus petite des sommes.

$$\Sigma = r_{1,j_1} + |j_1 - j_2|\,M + r_{2,j_2} + |j_2 - j_3|\,M + r_{3,j_3} + \ldots \\ + r_{i,j_i} + |j_i - j_{i+1}|\,M + r_{i+1,j_{i+1}} + \ldots + r_{p,j_p}.$$

lorsque, pour chaque valeur de i, j_i prend toutes les valeurs ($1, 2, \ldots, q$). Ces sommes sont au nombre de q^p.

Les étapes générales de la démonstration sont les suivantes. On fait croître Y jusqu'à ce qu'il dépasse en valeur absolue pqy_m, y_m étant la plus grande déformation (ou décalage) élastique limite des plots (ou organes). Comme Y est la

somme des déformations de tous les plots et organes rencontrés par un parcours quelconque joignant les deux plateaux en passant de chaque pièce J à la voisine à travers le plot ou organe qui les relie, si l'on fait les conventions de signe convenables, on en déduit que si le parcours ne repasse pas deux fois par le même élément, donc comporte moins de pq traversées d'éléments, il traverse au moins un élément déformé de plus de y_m, *donc déformé plastiquement* (vu les restrictions ci-dessus) dans le sens convenable.

On en déduit par un raisonnement topologique, l'existence d'une « barrière » S formée d'éléments plastiques où deux « plots » consécutifs sont immédiatement voisins sur une même horizontale; deux « organes » consécutifs, immédiatement voisins sur une même verticale; un plot et un organe consécutifs sont rattachés à une même pièce de jonction; cette barrière s'étend de la bordure de gauche à la bordure de droite et la somme (arithmétique) des résistances r de ses plots et M de ses organes est égale à F.

Grâce à la constance de M on peut remplacer la barrière S par une barrière S' qui ne comporte qu'un plot par colonne (*fig.* 3) telle que la somme des résistances de ses plots et organes, qui est de la forme Σ, soit au plus égale à la somme calculée pour S, c'est-à-dire à F.

Or *toute* barrière du type de S', c'est-à-dire formée d'un plot par colonne et, entre deux colonnes consécutives, des organes situés entre les lignes auxquelles appartiennent les deux plots relatifs à ces colonnes, supporte au total la force F, F est donc à la fois au moins égal à l'un des Σ et au plus égal au plus faible d'entre eux, il est donc égal au plus faible.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les transformations de Reynolds quasi régulières.* Note de M. **Jean Arbault**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons introduit dans une Note précédente (1) la notion de transformation de Reynolds quasi régulière. Nous donnons ici la structure d'une telle transformation.

Soit T_1 une transformation de Reynolds sur l'ensemble des fonctions définies sur un ensemble E_1, et E un sous-ensemble de E_1. Soit f_1 une fonction définie sur E_1 et f la trace de cette fonction sur E, fonction définie sur E et égale en tout point x de E à la valeur $f_1(x)$. Si on se donne f, f_1 n'est définie qu'à une équivalence près. $T_1(f_1 C_E)$ est une fonction définie sur E_1 dont la trace sur E, Tf ne dépend que de f. Nous appellerons Tf la *trace sur* E de la transformation de Reynolds T_1.

Théorème. — *La trace* T *sur* E *d'une transformation de Reynolds* T_1 *sur les fonctions définies sur un ensemble* $E_1 (E \subset E_1)$ *est une transformation de Reynolds si et seulement si* E *est* T_1*-réduisant.*

(1) J. Arbault, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 858.

Il suffit de vérifier les axiomes de Reynolds. La condition provient de $T(\lambda e) = \lambda e$ si e est la fonction caractéristique de E. $T_1(\lambda C_E)$ doit être égale à 1 en tout point de E, donc $C_E = C_E T_1 C_E$ et par suite [lemme 2 (²)] E est T_1-réduisant.

Supposons la transformation T_1 quasi régulière (³) et soit $\mathcal{A}$ l'union des T. I. indécomposables $\mathcal{A}_i$; $\mathcal{B} = E_1 - \mathcal{A}$, la trace T de T_1 sur $\mathcal{A}$ est une transformation de Reynolds. On sait que les valeurs de $T_1 f_1$ sur l'ensemble $\mathcal{B}$ ne dépendent que des valeurs prises par la fonction f_1 sur $\mathcal{A}$, donc ne dépendent que de la fonction f trace de f_1 sur E. Sur une classe B de $\mathcal{B}$, $T_1 f_1$ est constant. C'est donc une fonctionnelle Δ^* définie sur l'ensemble des fonctions définies sur E. Cette fonctionnelle vérifie :

(Δ_1) $$\Delta^*(\varphi + \psi) = \Delta^*\varphi + \Delta^*\psi$$

(Δ_2) $$\Delta^*(\lambda e) = \lambda$$

(Δ_3) $$f \geqq 0 \Rightarrow \Delta^* f \geqq 0$$

(Δ_4) $$\Delta^*(f T g) = \Delta^* g \, \Delta^* g$$

Comme T_1 est idempotente :

$$\Delta^*(T f) = \Delta^* f$$

Nous pouvons considérer la fonctionnelle Δ restriction de Δ^* à l'anneau $\mathcal{M}$ des moyennes, c'est-à-dire définie sur l'ensemble des fonctions prenant une valeur constante sur chaque classe de Θ_T. Δ est donc une fonctionnelle définie sur l'ensemble des fonctions définies sur le quotient $E/\Theta_T = \mathcal{E}$. Δ satisfait à Δ_1, Δ_2, Δ_3 et

(Δ_4) $$\Delta(fg) = \Delta f \, \Delta g$$

Il résulte de ces axiomes que Δ est linéaire car

$$\Delta(\lambda f) = \Delta(\lambda e f) = \Delta(\lambda e)\, \Delta f = \lambda \Delta f$$

De Δ_4, on déduit :

Δ'_4 $$\Delta f^2 = (\Delta f)^2$$

qui implique que si $\Delta f = 0$, Δf^2 l'est également, Si $f = f^+ - f^-$

$$\left(f^+ = \frac{|f| + f}{2}, \quad f^- = \frac{|f| - f}{2}\right) \qquad \Delta f^2 = \Delta f^{+2} + \Delta f^{-2}$$

$\Delta f = 0$ entraîne alors $\Delta f^+ = 0$ et $\Delta f^- = 0$ (⁴).

Supposons qu'il existe une partition de $\mathcal{E}$ en deux classes u et u^* telles que

$$\Delta C_u = \lambda, \qquad 0 < \lambda < 1,$$

(²) *Loc. cit.* (I).

(³) *Loc. cit.* (I).

(⁴) On suppose ici le domaine d'intégrité $\mathcal{K}$ où les fonctions prennent leurs valeurs *totalement ordonné*.

la fonction $f=(1-\lambda)C_u-\lambda C_{u^*}$ est Δ-annulante, mais $f^+=(1-\lambda)C_u$ ne l'est pas. Dans toute partition de $\mathcal{E}$ en deux classes, l'une des deux est Δ-annulante. Or l'ensemble des parties u de $\mathcal{E}$ telles que $\Delta C_u=1$ est un ultrafiltre $\mathcal{U}$ de $\mathcal{E}$.

Si $\mathcal{U}$ est principal, il est constitué des parties de $\mathcal{E}$ qui contiennent un point p. Si f est une fonction définie sur $\mathcal{E}$:

$$f(p)=\mu, \qquad \Delta f=\Delta f\Delta C_p=\Delta(fC_p)=\Delta(\mu C_p)=\mu.$$

La fonctionnelle Δ^* prend pour toute fonction f_1 la même valeur que $T_1 f_1$ sur la classe p. B n'appartient pas à la partie irrégulière de la partition Θ_{T_1}.

On doit supposer que $\mathcal{U}$ est un ultrafiltre caractéristique (c'est-à-dire dont l'intersection de toutes les parties est vide). Il est facile de voir alors que Δf est la limite suivant $\mathcal{U}$ de la fonction f.

Réciproquement. — Étant donné un ultrafiltre $\mathcal{U}$ sur $\mathcal{E}$, on sait que toute fonction définie sur $\mathcal{E}$ et prenant ses valeurs sur un corps ordonné complet possède une limite suivant l'ultrafiltre, et il est aisé de voir que cette fonctionnelle possède les propriétés Δ_1, Δ_2, Δ_3, Δ_4.

On peut construire une transformation T_1 quasi régulière de la façon suivante : On se donne une transformation de Reynolds T régulière sur un ensemble E([5]), un ultrafiltre caractéristique $\mathcal{U}$ de $\mathcal{E}=E/\Theta_T$ et un ensemble B ($B\cup E=\emptyset$). On pose $E_1=E\cup B$. Soit une fonction f_1 définie sur E_1, f sa trace sur E. $T_1 f_1$ est définie égale à Tf en tout point de E et égale à la limite suivant $\mathcal{U}$ de la fonction φ définie sur $\mathcal{E}$ et égale en tout point $x\in\mathcal{E}$ à la valeur de Tf sur la classe x. Dans cette construction il n'y a qu'une classe annulante dans $\mathcal{B}$; il est possible de considérer aussi une famille d'ultrafiltres $\mathcal{U}_i$ associés à une famille d'ensembles $\mathcal{B}_i$ et d'effectuer pour chacun la construction précédente. On obtient ainsi la transformation quasi régulière la plus générale.

L'existence des ultrafiltres caractéristiques découle de l'axiome du choix. Il n'est pas possible de construire effectivement un exemple même si $\mathcal{E}$ est dénombrable. La notion de transformation quasi régulière est donc tératologique.

DYNAMIQUE STELLAIRE. — *Le calcul de l'accélération des étoiles perpendiculairement au plan galactique.* Note de M. **Fernand Nahon**, présentée par M. André Danjon.

La généralisation d'une relation trouvée par Camm, entre les moments de la distribution des vitesses et la loi de densité d'un système d'étoiles, conduit à une nouvelle méthode de calcul de l'accélération perpendiculaire au plan galactique.

Nous considérons un système d'étoiles contenues dans un cylindre perpendiculaire au plan galactique, au voisinage du Soleil.

([5]) Pour une telle construction (*voir* M.-L. Dubreil-Jacotin, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 856).

Soit z la cote d'une étoile, w la composante de sa vitesse suivant la direction perpendiculaire au plan galactique.

Soit $K(z) = (dw/dt)$ l'accélération subie par l'étoile et $\omega(z) = -\int_0^{+\infty} K(u)\,du$ la fonction potentiel.

Soit d'autre part $\rho(z)$ et $g(w^2)$, la distribution des densités et la distribution des vitesses dans le plan galactique, pour les étoiles du système. Si l'on suppose la distribution stationnaire, les fonctions $\rho(z)$, $g(w^2)$ et $K(z)$ sont liées par la relation suivante donnée par Jeans :

$$\rho(z) = \int_{-\infty}^{+\infty} g[\omega^2 + 2\omega(z)]\,dw. \tag{1}$$

Le problème consiste à calculer $\omega(z)$, connaissant les fonctions observables $\rho(z)$ et $g(w^2)$.

Notre solution repose sur l'expression des moments de la distribution des vitesses. Les moments impairs sont nuls; les moments pairs sont définis par les relations :

$$\rho_0\, m_{2p} = \int_{-\infty}^{+\infty} g(w^2)\, w^{2p}\, dw$$

où ρ_0 désigne la densité dans le plan galactique.

Nous avons déduit de l'équation (1) les relations générales :

$$\rho_0\, m_{2p} = \frac{1}{I_{2p-1}} \int_0^{+\infty} \rho(z)\,(2\omega)^{p-1}\, d\omega \tag{2}$$

où nous avons posé

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} (\sin\varphi)^{2p-1}\, d\varphi = I_{2p-1}.$$

En pratique on connaît seulement les deux premiers moments m_2, m_4 de la distribution des vitesses; on ne peut utiliser que les deux relations :

$$\rho_0\, m_2 = \int_0^{\infty} \rho\, d\omega, \tag{2a}$$

$$\rho_0\, m_4 = 3\int_0^{\infty} \rho\,\omega\, d\omega. \tag{2b}$$

Les résultats obtenus par Oort [1] montrent que $K(z)$ peut être représentée en première approximation par le schéma suivant :

$$K(z) = -k^2 z \quad \text{pour} \quad z < a,$$
$$K(z) = -k^2 a \quad \text{pour} \quad z > a.$$

---

[1] *B. A. N.*, nº 238, août 1932.

Les deux paramètres inconnus k^2 et a ont un sens physique simple : $T = 2(\pi/k)$ est la période des oscillations des étoiles perpendiculairement au plan galactique (lorsque la vitesse w_0 n'est pas trop grande).

a est la demi-épaisseur du disque galactique, dans le cylindre considéré.

Les équations ($2a$) et ($2b$) permettent le calcul des inconnues k^2 et a. En particulier a est donné par une équation de la forme

$$\varphi(a) = \frac{m_4}{3m_2^2}.$$

$\varphi(a)$ est une fonction calculable numériquement lorsqu'on connaît $\rho(z)$; la distribution des vitesses intervient seulement par le coefficient $(m_4/3m_2^2)$ qui caractérise son « aplatissement » (c'est-à-dire principalement l'excès ou la déficience des grandes vitesses).

Du point de vue de la méthode proposée, il y a lieu de classer les systèmes d'étoiles en trois catégories :

1° ceux pour lesquels la distribution des vitesses est du type de Laplace-Gauss ($m_4 = 3m_2^2$);

2° ceux pour lesquels la distribution présente un excès de grandes vitesses ($m_4 > 3m_2^2$);

3° ceux pour lesquels la distribution présente une déficience de grandes vitesses ($m_4 < 3m_2^2$).

La solution ancienne de Oort s'applique seulement aux étoiles de la première catégorie.

Or l'étude des densités d'Elvius [2] permet, du point de vue des observations, de classer les étoiles en trois catégories :

1° étoiles moyennement concentrées de part et d'autre du plan galactique;

$$\rho(z) = M\, e_1^{-mz} \text{ pour } z \text{ suffisamment grand ;}$$

2° étoiles peu concentrées :

$$\rho(z) = \frac{A}{(z+\alpha)^p} \text{ pour } z \text{ suffisamment grand;}$$

3° étoiles très concentrées :

$$\rho(z) = \beta(z-\beta)^q \text{ pour } z \text{ suffisamment grand.}$$

L'étude de la correspondance entre ces deux classements, et le calcul des paramètres k^2 et a pour ces différents systèmes d'étoiles fait l'objet de notre travail actuel.

Lorsqu'on suppose que le système étudié comprend toutes les particules contenues dans le cylindre, il faut adjoindre à l'équation (1) l'équation de

---

[2] *Stock. Obs. Ann.*, Band 16, n° 5, 1951.

Poisson :

$$\frac{dK}{dz} = -4\pi G\rho \qquad (1\ bis)$$

Portant cette valeur dans l'équation (2*a*), désignant par M la masse totale du système, par h^2 le carré de l'écart-type de la distribution des vitesses, on trouve la relation

$$M = \left(\frac{2h^2\rho_0}{\pi G}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Cette relation a été établie par Camm ([3]) dans deux cas particuliers et généralisés par Prendergast ([4]) aux systèmes qui vérifient à la fois l'équation de Jeans et l'équation de Poisson. Nous voyons que c'est un cas particulier des relations (2), qui supposent seulement vérifiée l'équation de Jeans.

ASTROPHYSIQUE. — *Recherche de la vapeur d'eau dans l'atmosphère de la planète Mars, faite en ballon libre, vers 7 000 m d'altitude*. Note de M. **Audouin Dollfus**, présentée par M. André Danjon.

La quantité d'eau dans l'atmosphère martienne semble comparable à celle de l'atmosphère terrestre au-dessus de 6 500 m. J'ai emporté à cette altitude, la nuit, à bord d'un ballon libre, un télescope conçu pour mesurer la bande spectrale 8 250 Å de la vapeur d'eau sur les astres. La hauteur d'eau trouvée dans l'atmosphère terrestre était 0,25 mm. Ce procédé permettra de rechercher directement l'eau dans le spectre de Mars.

1° Les mesures de polarisation que j'ai effectuées sur Mars depuis 1948 ([1]) indiquent que les calottes polaires seraient constituées par du givre, et les nuages par de la glace. Les spectres infrarouges des calottes polaires obtenus par G. P. Kuiper ([2]) montrent aussi la présence de l'eau glacée sur le sol de Mars. Cependant les examens spectrographiques n'ont pas permis de déceler la vapeur d'eau dans l'atmosphère. Pour concilier ces données on peut estimer la teneur en eau de l'air martien comme suit ([3]) : elle dépend de la température et de l'état hygrométrique. Cet air, près du sol, semble avoir une température un peu inférieure à celle de l'air terrestre à 6 500 m d'altitude (— 27° C); la température décroît deux fois moins vite avec la hauteur ce qui, pour l'ensemble de l'atmosphère, compense à peu près la différence. Les phénomènes nuageux observés sur Mars indiquent un état

([3]) M. N., vol. 110, n° 4, 1950.

([4]) *Astr. J.*, vol. 59, n° 1219, août 1954.

([1]) A. Dollfus, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 467.

([2]) G. P. Kuiper, *The Atmosphere of the Earth and Planets*, Chicago Press.

([3]) *Voir* aussi les estimations de Kuiper ([2]), S. Hess, *P. A. S. P.*, 60, 1948, p. 289; G. de Vaucouleurs, *Physique de la Planète Mars*, Albin Michel, p. 249.

hygrométrique voisin de celui de l'air terrestre au-dessus de 6 500 m. La quantité d'eau contenue par unité de surface dans l'atmosphère martienne pourrait donc être comparable à celle que l'on observe dans l'atmosphère terrestre au-dessus de 6 500 m. Il fallait observer en haute altitude.

2° Des ascensions en ballon libre m'avaient montré que la stabilité d'un aérostat est suffisante pour utiliser une installation astronomique adaptée ([4]).

Un spectroscope limiterait un champ trop réduit sur sa fente : j'y ai substitué un filtre monochromatique polarisant isolant un domaine spectral de 130 Å de largeur équivalente, centré sur la bande 8 250 Å de la vapeur d'eau. Pour l'éclairer, un miroir plan de 30 × 40 cm monté sur une fourche azimutale renvoie la lumière d'une partie du ciel vers le haut sur un miroir sphérique de 28 cm ouvert à $f/1$; avant le plan focal une lentille divergente allonge le foyer sans augmenter l'encombrement, et un prisme renvoie la lumière dans un oculaire de grossissement 7 et de champ 5°; au centre du champ un prisme recueille la lumière sur un champ de 30′ et l'envoie dans le filtre. La planète est maintenue derrière le prisme en agissant manuellement sur le miroir azimutal pour compenser les rotations et oscillations légères du ballon.

Le filtre est employé comme spectrophotomètre selon le procédé de B. Lyot ([5]). Le plan de polarisation est tourné de 90° dix fois par seconde entre la dernière lame et le dernier polariseur; il isole successivement avec la même transmission la région spectrale de la bande de la vapeur d'eau puis les régions voisines; ainsi le flux se trouve modulé par l'absorption de la bande.

Deux cellules photoélectriques Lallemand à sept étages de multiplication et photocathodes en Cs sur Ag—O recueillent ce flux et amplifient 500 fois les courants dont les parties modulées sont ensuite additionnées, amplifiées, redressées, puis mesurées par un fluxmètre. Un compensateur optique permet d'annuler la modulation, en indiquant l'intensité de la bande de la vapeur d'eau. La précision est limitée pour les flux faibles par les fluctuations des courants d'obscurité des photocathodes, elles sont réduites grâce au fluxmètre qui peut intégrer pendant 60 s; elles devaient être encore atténuées au cours du vol par la faible température. Des précautions thermiques assuraient le fonctionnement jusqu'à — 40° C. Cet ensemble pesait moins de 30 kg avec les accumulateurs et il se fixait contre la paroi extérieure d'une nacelle en osier.

Le matériel aérostatique a été préparé avec Charles Dollfus, mon père, qui m'a accompagné pour piloter le ballon. La nacelle complète avec

---

([4]) Le Professeur Auguste Piccard m'a indiqué ce moyen.

([5]) B. Lyot, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 461.

télescope, agrès, inhalateur et provision d'oxygène pendant 3 h 30 m pesait 220 kg sur lesquels 70 kg pouvaient être largués comme lest par parachute. Le ballon en soie caoutchoutée pesait 140 kg, le filet et la soupape 60 kg.

3° La nuit du 29 au 30 mai 1954 le ballon fut gonflé sur la terrasse de l'Observatoire de Meudon avec 650 m³ d'hydrogène seulement pour permettre l'ascension plus rapide. Le départ eu lieu à 1 h 10 m T. U.; à 2 h nous étions à 5 000 m; à 3 h, au début de l'aube, à 6 100 m; le Soleil se leva à 3 h 15 m (3 h 55 m au sol); les étoiles scintillaient malgré l'altitude; à 4 h 10 m nous atteignions 7 000 m (température — 30° C) puis provoquions la descente avec la soupape. A 4 h 50 m le guide-rope touchait le sol et nous atterrissions à 5 h 35 m à Jaucourt (Aube) ([6]). J'ai observé pendant tout le vol sauf à la descente.

Les jours précédents, au sol, l'appareil indiquait sur le Soleil une modulation proportionnelle à la quantité d'eau précipitable traversée ([7]) jusqu'à la valeur 40 mm pour laquelle elle était de 80/1000e, puis croissait moins vite ensuite en raison de l'absorption propre de la bande. Pendant le vol la déviation du fluxmètre devint inappréciable au-dessus de 6 500 m sur le très fin croissant lunaire ainsi que sur les lueurs du crépuscule. Le Soleil, à 2° au-dessus de l'horizon, produisait une modulation de 10/1000e et le trajet lumineux traversait 20 atm : *La vapeur d'eau terrestre donnait* 0,25 mm *d'eau précipitable*; elle était environ 100 fois plus faible qu'au sol. La teneur en eau de l'atmosphère martienne est sans doute voisine de cette valeur. Une si faible quantité peut rester masquée, dans les observations spectroscopiques ordinaires, par l'absorption de l'eau terrestre.

4° L'instrumentation précédente permettra, en altitude, de déceler directement l'eau dans l'atmosphère de Mars. Cependant la lumière de la planète, insuffisante, ne se distinguait pas suffisamment des fluctuations du courant d'obscurité; il faudra des cellules photoélectriques plus sensibles et très refroidies.

ASTROPHYSIQUE. — *Enregistrement de spectres d'étoiles au moyen d'un spectrophotomètre photoélectrique à enregistrement direct de l'intensité.* Note de M. **Pierre Guérin**, présentée par M. André Danjon.

Dans une note précédente ([1]), nous avons donné la description d'un spectrophotomètre stellaire photoélectrique, insensible aux fluctuations de l'intensité

([6]) *Voir* les détails du vol : Ch. Dollfus, *Le Figaro*, 2 juin 1954.

([7]) D'après les sondages de la Météorologie Nationale.

([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1692.

du flux incident supposé de répartition énergétique constante. Rappelons que cette caractéristique de l'instrument est rendue nécessaire en raison : 1° des inévitables défauts de guidage de l'image de l'étoile sur la fente du spectroscope ; 2° de la turbulence de cette image, dont une fraction continuellement variable déborde plus ou moins de la fente ; 3° du passage éventuel de cirrus légers devant l'étoile (ces nuages sont pratiquement assimilables à des absorbants « gris ».

On pouvait cependant faire deux objections à ce montage :

1° Les multiplicateurs d'électrons utilisés ne fournissent une réponse immédiate et fidèle que si les courants à la sortie sont très faibles, n'excédant pas 5.10^{-7} A (c'est-à-dire peu supérieurs au courant d'obscurité, voisin de 10^{-8} A à 20° C, pour nos multiplicateurs). Pour que les mesures aient un sens, il convient donc de limiter le flux incident sur la cellule exploratrice du spectre. Mais cette condition peut être réalisée facilement, en raison du faible éclat des étoiles.

2° Les variations d'intensité dues à la turbulence ne se traduisent pas de la même façon pour toutes les longueurs d'onde (scintillation chromatique). En ce cas, la mesure *instantanée* du rapport du flux monochromatique au flux total incident est continuellement variable.

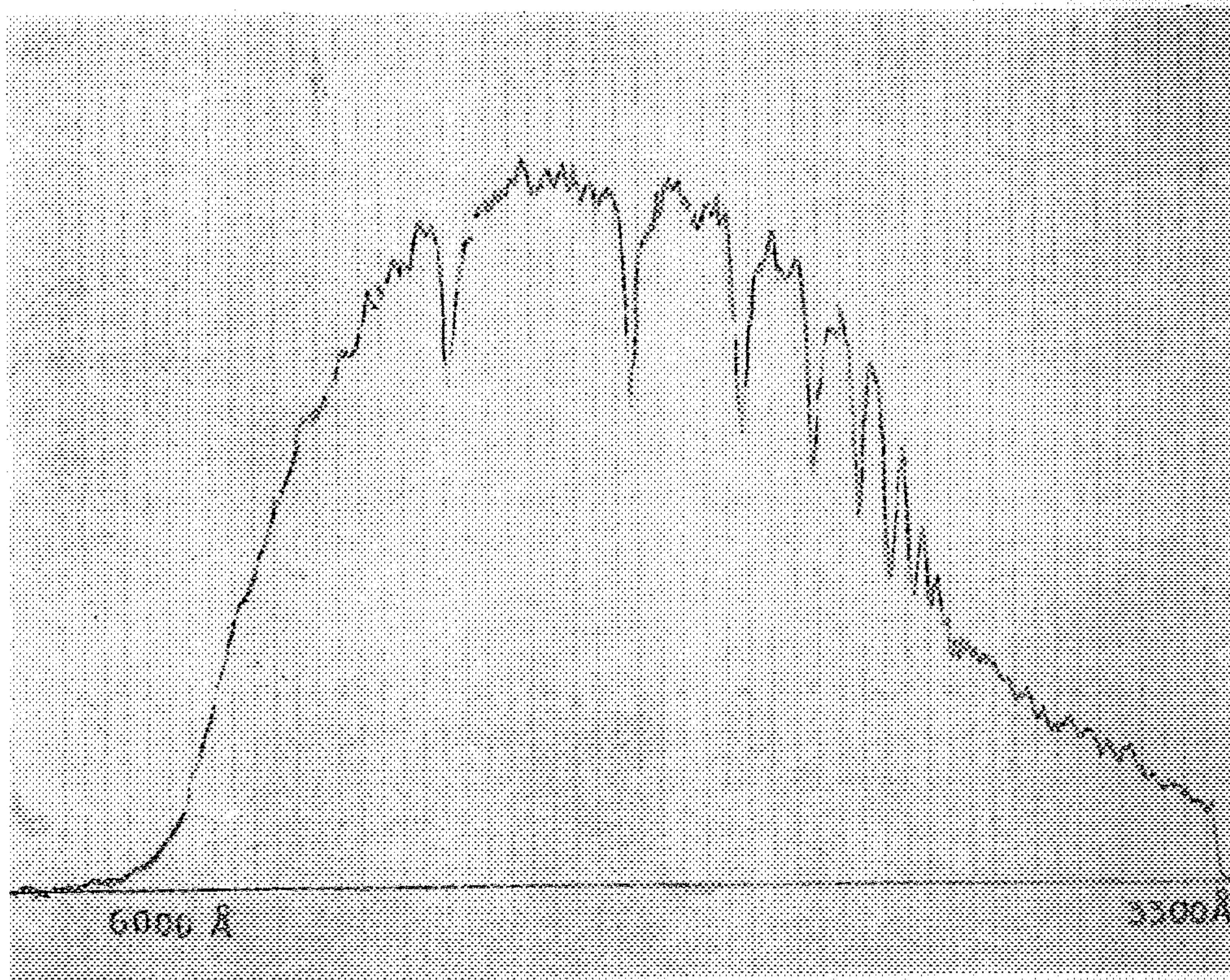
Cependant, si ces variations ont une période moyenne très courte devant la période propre du logomètre enregistreur, il est facile de montrer que celui-ci ne mesure pas la valeur instantanée du rapport des courants, mais *le rapport des valeurs moyennes, qui seul a un sens.*

Or, les rares mesures de la période moyenne de la scintillation chromatique que l'on ait effectuées au foyer d'un instrument ont montré que *celle-ci était de l'ordre d'une très faible fraction de seconde*, tandis que la période propre de notre logomètre (variable du reste avec l'intensité des courants qui en parcourent les cadres) est de l'ordre de la seconde. Il était donc à prévoir que la scintillation chromatique ne pourrait sensiblement perturber les mesures.

C'est ce que nous avons vérifié sur quelques enregistrements de spectres stellaires, obtenus par images médiocres à l'Observatoire de Paris, au moyen d'un petit télescope de 25 cm d'ouverture, diaphragmé par le spectroscope à 18 cm environ. La figure représente un enregistrement du spectre d'Algol (magnitude 2,2), obtenu le 11 octobre 1954 à 10 h 45 (T. U.); *la « granulation » est à peine supérieure à celle d'enregistrements précédemment effectués au laboratoire au moyen du même dispositif* (pour ces derniers, la « granulation » traduit seulement le bruit de fond des multiplicateurs), ce qui confirme l'influence négligeable de la scintillation chromatique sur le fonctionnement de notre montage.

Au cours de cet enregistrement du spectre d'Algol, le flux lumineux recueilli par la fente du spectroscope subissait constamment des variations irrégulières

de $\pm$ 50 % autour d'une valeur moyenne [1], *sans qu'il en soit résulté de perturbation dans le tracé.* Ces variations étaient de deux sortes : les unes à période lente (quelques secondes) dues aux défauts de guidage et au passage de cirrus, les autres à période plus rapides (1/2 à 1/5e de seconde), dues à la scintillation monochromatique et se superposant aux premières.



D'autres enregistrements du spectre d'Algol furent effectués immédiatement avant et après celui-ci; il sont tous superposables, aux irrégularités près de la « granulation » : il semble donc que la méthode soit fidèle.

Dans les conditions de l'observation (transparence du ciel médiocre, surtout dans l'ultraviolet, turbulence importante, aluminure des miroirs du télescope un peu altérée), nous avons constaté qu'une étoile de magnitude 3 donnait encore sur la cellule qui explore le spectre un courant moyen égal à quatre fois le courant d'obscurité. En haute montagne et par bonnes images, on peut donc prévoir que la magnitude limite atteinte avec un réflecteur de 18 cm d'ouverture serait supérieure à 4, et ceci en l'absence de tout dispositif de refroidissement des cellules.

(1) Ainsi qu'en témoignait la lecture des appareils de mesure intercalés dans les circuits des deux cadres du logomètre.

L'instrument n'est d'ailleurs qu'un dispositif expérimental dont la partie optique n'a pas été conçue spécialement en vue de l'usage actuel et qui ne permettra guère que des études sur le fond continu et la discontinuité de Balmer des étoiles des premiers types spectraux. Un instrument mieux adapté, basé sur le même principe, pourra ultérieurement servir à des recherches plus étendues sur les spectres stellaires.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la durée de la combustion normale des hydrocarbures et l'appréciation des carburants en utilisation.* Note (*) de MM. **Rotislav Vichnievsky** et **Robert Karout**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans une Note antérieure (1), l'un de nous a montré qu'il existait une relation entre l'indice d'octane des carburants de référence primaires (isooctane + *n* heptane), déterminé par les méthodes normalisées, et les durées de combustion normale précédant le cliquetis lorsque le moteur fonctionne avec un taux de compression déterminé. Des expériences ont été reprises avec des mélanges de carburants primaires et de benzène, ce dernier ayant trois proportions fixes dans les mélanges : 10, 20 et 50 %. La figure 1 représente les courbes d'indice d'octane en fonction de la durée de combustion normale des mélanges d'isooctane *n* heptane et des mélanges contenant 50 % de benzène. Cette dernière courbe peut être déduite de celle correspondant aux mélanges des carburants de référence primaires par une translation vers la gauche. Ceci signifie que les carburants contenant du benzène et ayant le même indice d'octane que les carburants de référence primaires donnent lieu à l'apparition du cliquetis bien plus tôt dans le cycle. Dans la même représentation, les carburants réels se placent entre les deux courbes précédentes. Bien qu'en général ces carburants ne contiennent qu'une proportion d'hydrocarbures aromatiques inférieure à 50 % certains points se placent sur la courbe relative au mélange de référence contenant 50 % de benzène. Ceci peut s'expliquer par la présence des hydrocarbures oléfiniques qui ont le même effet sur l'accélération de la combustion normale précédant le cliquetis que les hydrocarbures aromatiques.

Les différences des durées de combustion normale des carburants ayant les mêmes indices d'octane Research Method peuvent expliquer dans une certaine mesure les écarts constatés lors de l'appréciation des caractéristiques antidétonantes des carburants sur route. En effet, dans ce dernier cas, on procède à la détermination de l'avance à l'allumage correspondant

(*) Séance du 11 octobre 1954.

(1) R. Vichnievsky et R. Guyot, *Comptes rendus*, 223, 1949, p. 1699.

à l'apparition du cliquetis avec les carburants primaires et les carburants réels. L'indice d'octane est déterminé d'après l'identité d'avance entre le carburant étudié et un mélange d'isooctane et d'heptane. Ainsi, on introduit

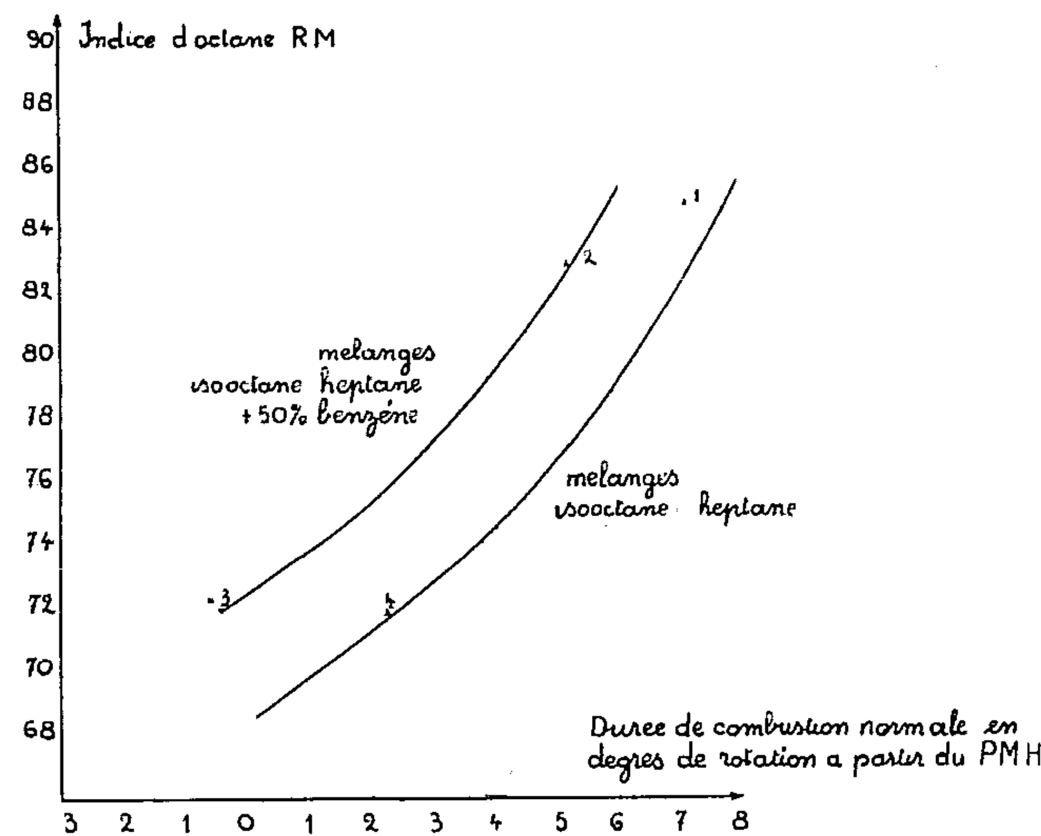


Fig. 1. — Relation entre l'indice d'octane et la durée de combustion normale.

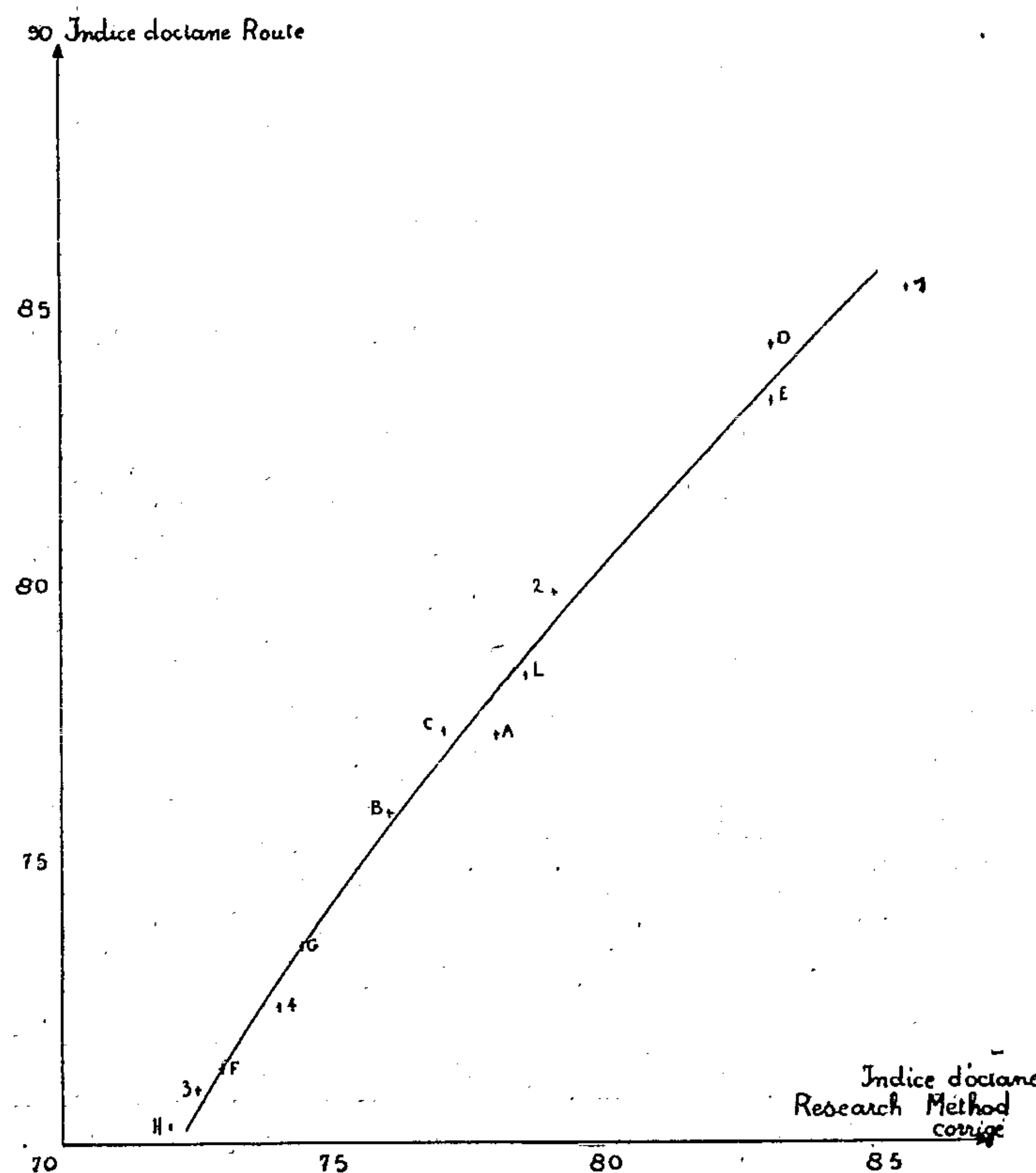


Fig. 2. — Corrélation entre l'indice d'octane Route et l'indice d'octane Research Method corrigé.

implicitement la notion de durée de combustion dite normale précédant le cliquetis.

Si l'on dispose d'une part d'une courbe donnant la relation entre la durée de combustion normale et les indices d'octane des carburants de référence primaires et, d'autre part, de la valeur de la durée de la combustion normale déterminée pour le carburant étudié, on se rend immédiatement compte, par exemple, que le carburant 2 (*fig.* 1) ne se comportera pas en utilisation comme un carburant d'indice d'octane 83, mais comme un carburant d'indice d'octane 77 ayant la même durée de combustion normale. Cette méthode apporte une correction à l'indice d'octane déterminé au laboratoire. Les résultats obtenus sur la corrélation entre les indices d'octane moyens déterminés en utilisation sur 18 véhicules avec des carburants réels (2) et l'indice d'octane Research Method corrigé sont satisfaisants comme le montre la figure 2 (écart de l'ordre de 0,5 point d'octane). L'introduction de la notion de durée de combustion normale dans l'évaluation des qualités antidétonantes des carburants conduit à la mesure de la vitesse de réaction initiale des divers hydrocarbures, notion plus physique que celle de l'indice d'octane.

MAGNÉTISME. — *Sur quelques propriétés magnétiques de l'alliage* $MnAu_2$. Note (*) de MM. **André J. P. Meyer** et **Pierre Taglang**, transmise par M. Gabriel Foëx.

Une nouvelle étude (1) du diagramme des alliages or-manganèse a mis en évidence l'existence de plusieurs composés intermétalliques; parmi ceux-ci $MnAu_2$ est signalé comme étant faiblement ferromagnétique. La structure de $MnAu_2$ est décrite comme cube centré à déformation quadratique; la maille élémentaire a pour paramètres $a = 3{,}36_0$ Å et $c/a = 0{,}87$.

L'alliage se forme par réaction péritectique; nous l'avons préparé par fusion au four haute fréquence sous atmosphère d'argon, puis soumis aux traitements thermiques suivants : trempe de 900° C, recuit de 72 h à 690° C trempe de 690° C. L'étude microscopique a montré que le culot ainsi traité était homogène.

Nous avons étudié la variation de l'aimantation de cet alliage en fonction du champ et de la température. Les résultats de cette étude sont rassemblés dans les figures 1 et 2.

(2) La composition chimique des carburants réels utilisés a été donnée dans une Note précédente : *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 871.

(*) Séance du 11 octobre 1954.

(1) E. Raub, U. Zwicker, H. Baur, *Z. f. Metaslkunde*, **44**, 1953, p 312.

1. *Variation de l'aimantation en fonction du champ* (*fig* 1). — On remarque que pour des champs appliqués inférieurs à 8 000 Oe, l'aimantation est faible et sensiblement proportionnelle à ces champs. On peut donc définir une susceptibilité spécifique, indépendante du champ qui varie légèrement avec la température $\chi_{20^\circ C} = 3{,}9 . 10^{-4}$, $\chi_{110^\circ C} = 6{,}0 . 10^{-4}$. Pour des champs compris entre 8 et $15 . 10^3$ Oe, l'aimantation croît rapidement avec le champ appliqué.

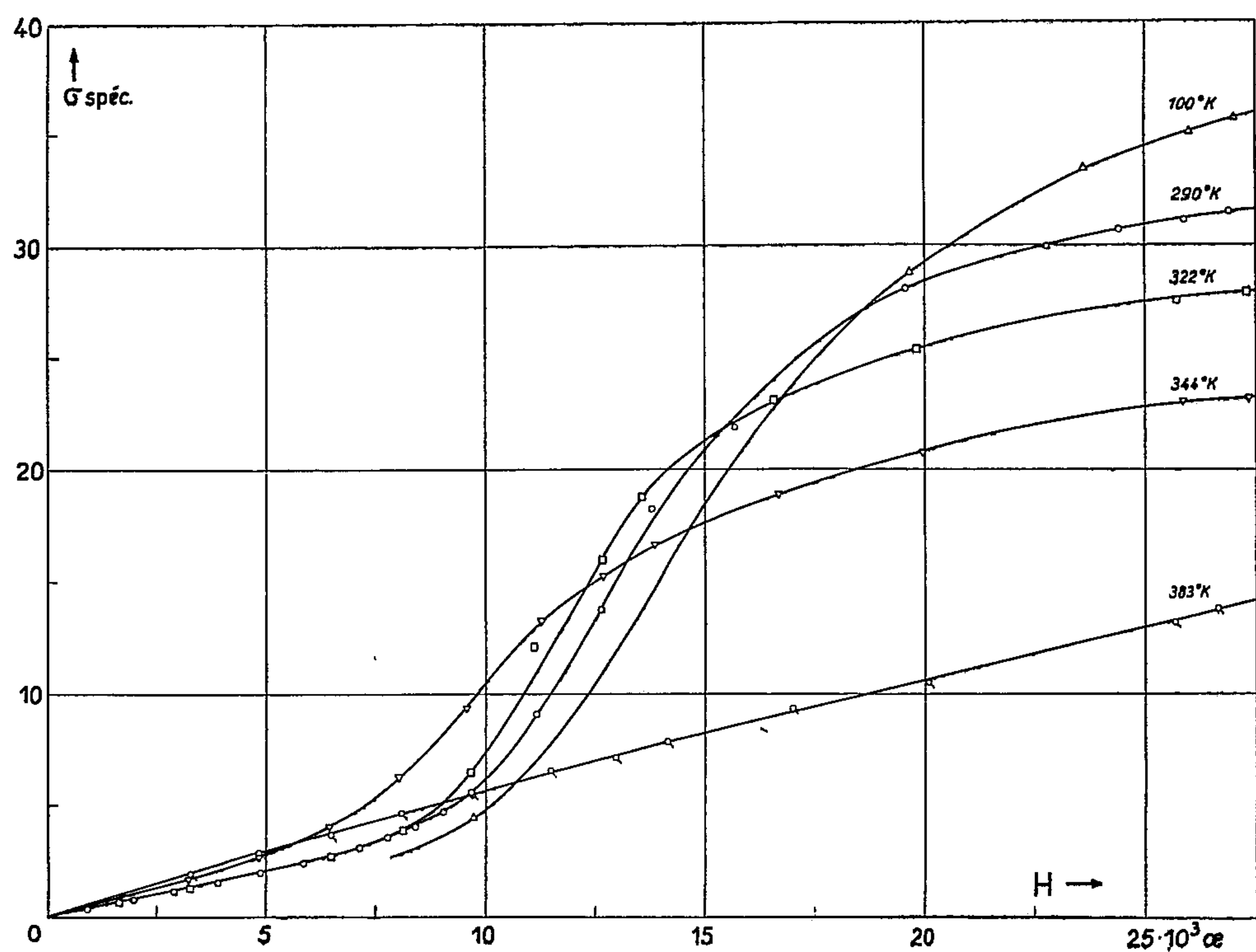


Fig. 1.

La susceptibilité différentielle passe par un maximum ($\chi_{40^\circ C} = 47 . 10^{-4}$) pour un champ d'environ 10^4 Oe. Un champ de 25000 Oe (champ maximum de notre installation) ne permet cependant pas d'atteindre la saturation. La variation de l'aimantation en fonction du champ pour les champs supérieurs à 15 000 Oe peut être considérée comme linéaire en $1/H^2$; elle pourrait donc être attribuée dans ce domaine de champs à des rotations.

Les courbes d'aimantation observées dans les champs utilisés sont entièrement réversibles. Nous n'avons observé aucune aimantation rémanente.

2. *Variation de l'aimantation avec la température* (*fig.* 2). — Les courbes relevées présentent un maximum qui s'aplatit dans les champs forts; la température correspondant au maximum est d'autant plus basse que le champ appliqué est plus élevé. Elle est d'environ 90°C pour des champs inférieurs

à 2 000 Oe et de — 125 C° pour un champ de 27 000 Oe. Du côté des hautes températures, à partir de 110° C, l'aimantation disparaît progressivement sur un intervalle de température d'environ 100°. Du côté des basses températures l'aimantation est presque constante pour les champs inférieurs à 3 000 Oe.

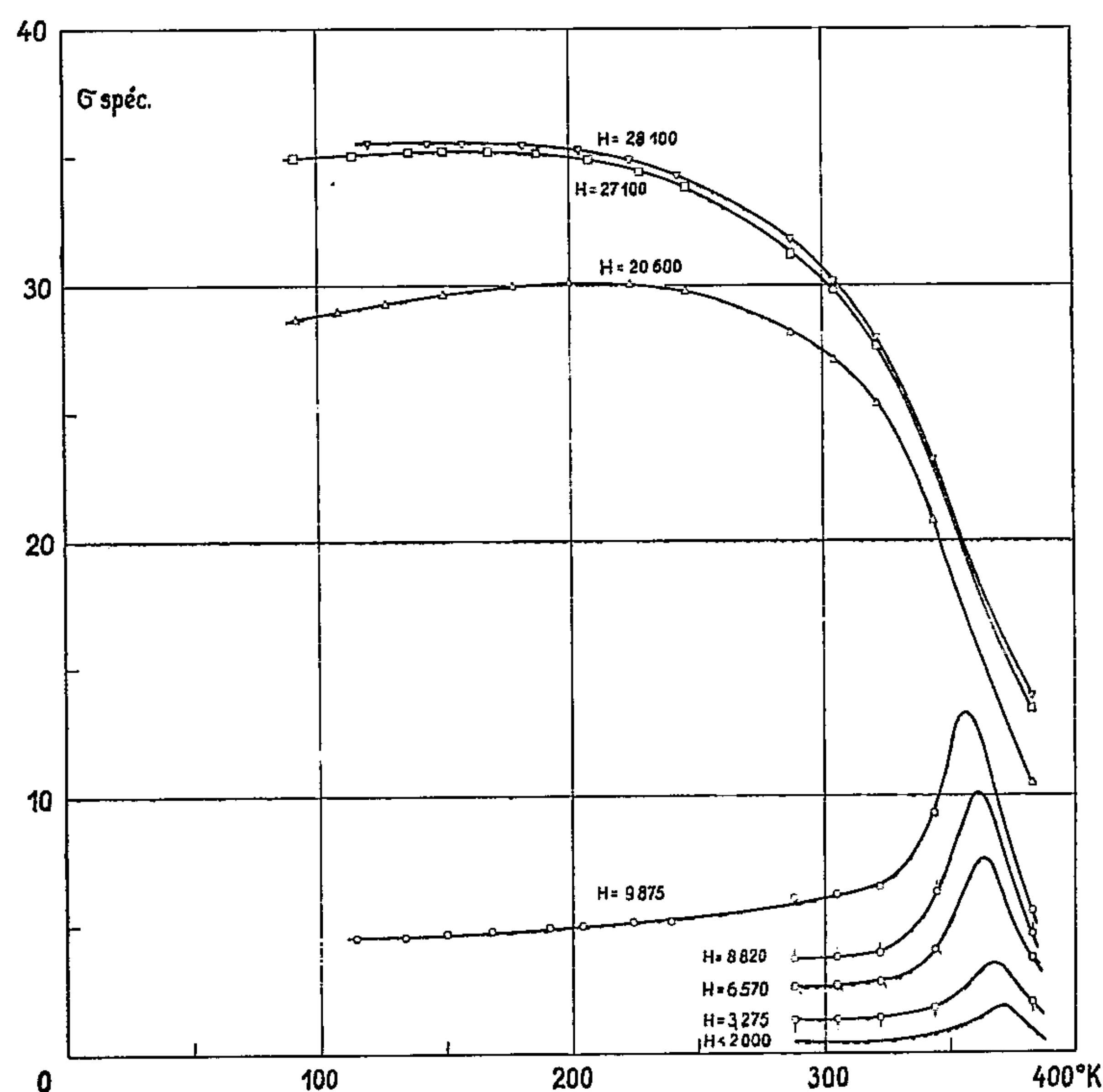


Fig. 2.

3. *Aimantation à saturation.* — Nous avons déterminé une valeur approchée de la saturation absolue en admettant pour les champs élevés une variation de l'aimantation en $1/H^2$. Dans ces conditions on obtient un moment de $3,5\,\mu_B$/atome de manganèse.

Les observations résumées en 1 et 2 ne permettent pas de reconnaître l'alliage $MnAu_2$ comme ferromagnétique normal. En effet, il semble qu'on ne soit pas en présence d'une aimantation spontanée pour des champs inférieurs à 8 000 Oe : les propriétés observées sont analogues à celles caractéristiques d'un antiferromagnétique. Par contre les phénomènes observés dans les champs élevés pourraient témoigner d'une « aimantation spontanée » mais qui serait alors provoquée par le champ appliqué.

Des expériences en cours doivent permettre de reconnaître si les faits observés sont dus à un changement d'état magnétique provoqué par l'action du champ extérieur.

SPECTROGRAPHIE INFRAROUGE. — *Perturbation de la bande infrarouge fondamentale de l'acide fluorhydrique par divers gaz comprimés jusqu'à 1 200 atmosphères.* Note de MM. **Roger Coulon, Boris Oksengorn** et **Boris Vodar**, présentée par M. Jean Cabannes.

On sait que pour ClH ([1]), ([2]), la perturbation diffère selon le gaz compresseur, l'azote faisant apparaître un maximum central assez intense sous forte pression; avec CO ([2]) on n'observe rien de semblable et la nature du gaz compresseur semble de peu d'importance. L'hypothèse selon laquelle le moment dipolaire de la molécule active joue un rôle important ([3]) nous a conduit à l'étude de FH ([4]).

L'appareillage était celui déjà utilisé; la bombe d'absorption en acier a été protégée par un dépôt de rhodium sur or et l'on a utilisé des fenêtres en corindon parfaitement planes et polies, assurant l'étanchéité par contact optique, et non attaquées par FH. Le gaz fluorhydrique était préparé de la manière décrite par Safary ([5]). Les gaz compresseurs étaient du type commercial le plus pur, le spectromètre Perkin Elmer modèle 12 C à double passage était muni d'un prisme de LiF.

La figure 1 représente la variation du coefficient d'extinction $\varepsilon = 1/l$ cm $\log_{10}(I_0/I)$, en fonction du nombre d'ondes pour diverses densités d'azote à 20° C. La pression partielle de FH utilisée a été toujours de 130 mm de mercure environ. La figure 2 donne des courbes semblables à celles de la figure 1, mais à 60° C environ; la figure 3 les résultats obtenus au maximum de pression atteint avec O_2 et A à 20 et 60° C environ. Quelques résultats ont été obtenus avec le xénon jusqu'à 300 atm, mais ils ne sont pas donnés ici sous forme de courbes.

On voit que pour l'azote, une perturbation identique à celle observée pour ClH apparaît sous forme d'un maximum central. L'intensité de ce maximum semble beaucoup moins importante à température plus élevée. La structure de rotation disparaît progressivement comme dans le cas de ClH. Pour l'azote elle subsiste jusqu'aux environs de 200 Amagats; avec l'oxygène elle est encore visible vers 400 Amagats; avec l'argon elle reste nette à 580 Amagats, valeur limite de nos expériences. Notons que le xénon à température normale, ne laisse subsister cette structure que jusqu'à quelques centaines d'Amagats, mais

(1) R. Coulon, B. Oksengorn, S. Robin et B. Vodar, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1481.

(2) R. Coulon, L. Galatry, B. Oksengorn, S. Robin et B. Vodar, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 58-59.

(3) L. Galatry, S. Robin et B. Vodar, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 315.

(4) E. Safary, B. Vodar et R. Coulon, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2415.

(5) *Thèse*, 1951, Masson, Paris, 1953.

le comblement du centre de la bande (emplacement de la branche Q absente) reste peu important.

En ce qui concerne l'apparition du maximum central, la comparaison des résultats dans les cas de ClH et FH perturbés par N_2 est nettement en faveur

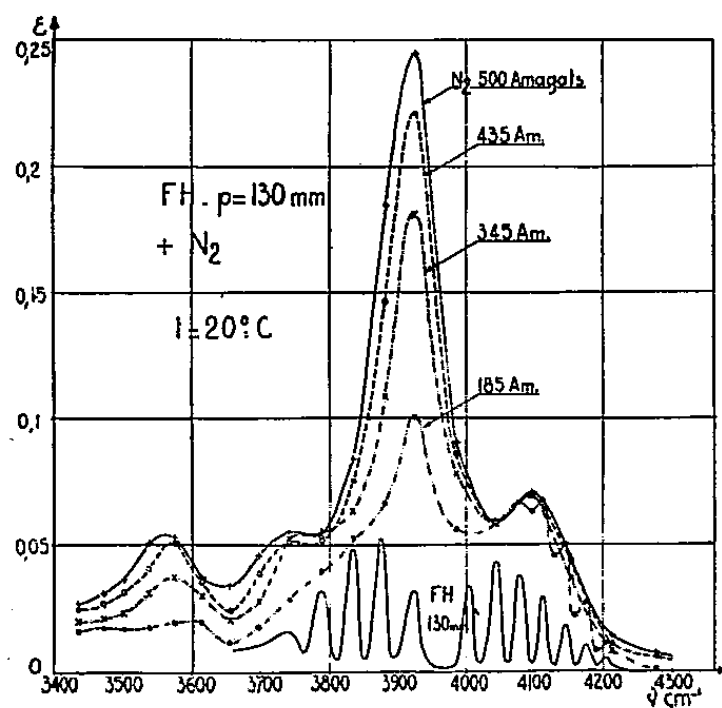


Fig. 1.

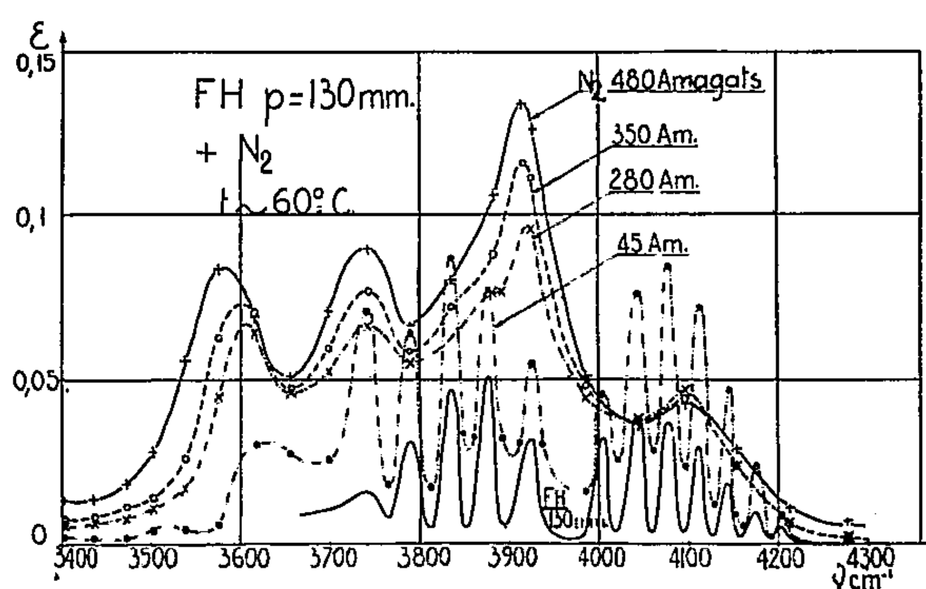


Fig. 2.

de l'interprétation faisant intervenir le moment polaire de la molécule perturbée ([3]), car l'intensité de la bande centrale est la plus forte pour la molécule de plus grand moment polaire (FH). Mais on observe une différence très nette entre le comportement des perturbateurs A et N_2 de polarisabilités voisines. On

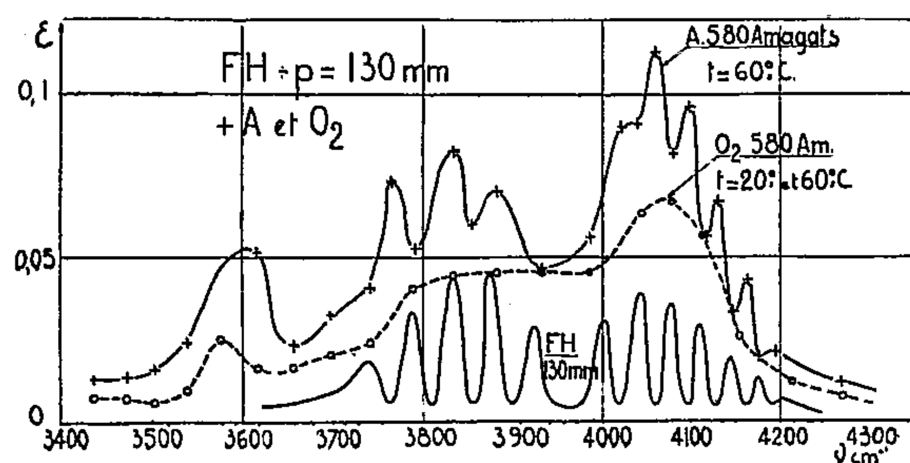


Fig. 3.

sait que l'apparition de la branche Q a été interprétée ([3]) comme étant due à un moment induit « en retour » non aligné sur le moment dipolaire de l'absorbant. Ce non alignement peut être causé par une distribution des molécules perturbatrices autour de la molécule absorbante ne présentant pas la symétrie sphérique. Mais l'anisotropie de polarisabilité et la rotation de N_2 doivent provoquer une orientation encore plus indépendante du moment induit « en retour » dans ClH ou FH, et par suite une bande Q plus intense que dans le cas de l'atome A de symétrie sphérique.

Les autres aspects de ces premiers résultats sont plus complexes. Les bandes d'absorption vers 3 580 et 3 750 cm^{-1} sont très nettes. Dans le gaz fluorhydrique, la bande du dimère se trouve également vers 3 600 cm^{-1} (4), (5). Mais le degré d'association en l'absence du gaz étranger est faible aux températures (20°C et 60°C) et à la pression (130 mm Hg) considérées (6), (7). Or l'intensité de ces bandes croît sous pression en même temps que celle du monomère (4 000 cm^{-1}). Il semble donc qu'on doit rechercher l'origine de ces bandes dans une évolution caractéristique de la structure de rotation sous l'action du gaz étranger comprimé.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Les effets sur les orbites de la corrélation entre les défauts d'alignement des lentilles dans le synchrotron.* Note de M. **Joseph Seiden**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans un travail précédent (1), nous avons calculé le déplacement maximum de l'orbite fermée (O) relativement à la circonférence centrale de la chambre à vide d'un synchrotron à forte convergence, en faisant l'hypothèse qu'il fallait considérer comme *statistiquement indépendants* les décalages de lentilles ou groupes de lentilles alignés séparément. J. B. Adams et M. G. N. Hine ont remarqué récemment (2) qu'en réalité, il devait exister des *corrélations* entre ces décalages. Les corrélations peuvent provenir des opérations mécaniques d'alignement des lentilles, des inhomogénéités du terrain sur lequel est bâti le synchrotron, etc. Nous nous proposons ici d'évaluer les effets des corrélations sur le déplacement maximum de l'orbite fermée (O).

1. Nous supposerons que :

a. Chacune des N périodes du synchrotron est alignée en bloc. On désignera par δ_i le décalage commun des lentilles de la $i^{\text{ième}}$ période.

b. La valeur moyenne de δ_i est nulle : $\bar{\delta}_i = 0$. Toutes les moyennes rencontrées ici sont prises sur un grand nombre de synchrotrons identiques (ensemble de Gibbs de synchrotrons).

c. Tous les carrés moyens $\bar{\delta}_i^2$ sont égaux entre eux : $\bar{\delta}_i^2 = \bar{\delta}^2$.

d. La corrélation entre le décalage de la $i^{\text{ième}}$ et celui de la $(i+k)^{\text{ième}}$ période se traduira par la relation

$$\overline{\delta_i \, \delta_{i+k}} = \chi_k \, \bar{\delta}^2$$

qui rappelle la définition de la fonction d'autocorrélation d'une fonction aléatoire $\delta(\theta)$. Les coefficients de corrélation χ_k entre δ_i et δ_{i+k} sont supposés

(6) R. D. Shelton et A. H. Nielsen, *J. Chem. Phys.*, 10, 1951, p. 1312.

(7) Fredenhagen, *Z. anorg. Allg. Chem.*, 218, 1934, p. 161.

(1) J. Seiden, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 798.

(2) *Rapport du C. E. R. N.*, PS/JBA-MGNH/22, juillet 1954.

indépendants de i : ils ne dépendent que de la position relative des deux périodes entre lesquelles ils établissent une liaison. L'indépendance statistique entre δ_i et δ_{i+k} s'obtiendrait en faisant $\chi_k = 0$.

2. Soit $\mathcal{S}(\theta) = (s_{lm}(\theta))$ la matrice permettant de passer de $Z(\theta)$ et $Z'(\theta)$ à $Z(\theta + 2\pi/N)$ et $Z'(\theta + 2\pi/N)$, et supposons qu'il existe une valeur θ_m de θ pour laquelle

$$\mathcal{S}(\theta_m) = \begin{pmatrix} \cos\varphi, & \alpha \sin\varphi \\ \frac{-1}{\alpha}\sin\varphi, & \cos\varphi \end{pmatrix}$$

Pour une révolution des particules, on aura alors :

$$\begin{pmatrix} Z(\theta_m + 2\pi) \\ Z'(\theta_m + 2\pi) \end{pmatrix} = [\mathcal{S}(\theta_m)]^N \begin{pmatrix} Z(\theta_m) \\ Z'(\theta_m) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} D \\ E \end{pmatrix}.$$

Les facteurs D et E proviennent des décalages et sont donnés par :

$$D = \sum_{i=1}^{N} \delta_i[(\cos\varphi - 1)\cos(N - i)\varphi - \sin\varphi \sin(N - i)\varphi],$$

$$E = \sum_{i=1}^{N} \frac{-\delta_i}{\alpha}[(\cos\varphi - 1)\sin(N - i)\varphi + \sin\varphi \cos(N - i)\varphi]$$

On voit que $\overline{D} = \overline{E} = 0$. Il faudra évaluer les carrés moyens $\overline{D}^2$ et $\overline{E}^2$. Les calculs sont pénibles. On trouve finalement :

$$\overline{D}^2 \approx 2N \sin^2\frac{\varphi}{2}\left[1 + \sum_{k=1}^{p} 2\chi_k \cos k\varphi\right]\overline{\delta}^2,$$

$$\overline{E}^2 \approx \alpha^{-2}\,\overline{D}^2,$$

où l'indice k prend toutes les valeurs entières de 1 jusqu'à p. Les χ_k avec $k > p$ sont supposés négligeables. A partir de $\overline{D}^2$ et $\overline{E}^2$, on déduira le carré moyen $\overline{Z}_d^2$ du déplacement maximum de l'orbite fermée(O) par rapport à la circonférence centrale par des méthodes déjà exposées dans plusieurs publications ([3]), ([4]). Il vient :

$$(1) \qquad \overline{Z}_d^2 = N\,|\max s_{12}(\theta)|\,\mathrm{tg}\frac{\varphi}{2}\left(2\alpha\sin^2\frac{N\varphi}{2}\right)^{-1}\left[1 + \sum_{k=1}^{p} 2\chi_k \cos k\varphi\right]\overline{\delta}^2.$$

Le maximum de $s_{12}(\theta)$ est à rechercher en faisant varier θ de O à $2\pi/N$. En faisant dans (1) $\chi_k = 0$, on retrouve la valeur de $\overline{Z}_d^2$ qui s'applique au cas de l'indépendance statistique entre les δ_i.

([3]) *Design Study for a* 15 BeV *Accelerator*, Technical Report n° 60, M. I. T.

([4]) J. Seiden, *Thèse*, Paris, 1954.

3. On peut s'affranchir de l'hypothèse a, c'est-à-dire supposer que chacune des lentilles composant une période est alignée séparément, donc décalée de façon particulière δ_j. Si le carré moyen $\overline{Z}_d^2$ du déplacement maximum de (O) est donné dans l'hypothèse de l'indépendance statistique entre les δ_j relatifs aux diverses lentilles par

$$\overline{Z}_d^2 = \Phi(n, N, \ldots)\overline{\delta}^2 \tag{2}$$

Φ étant fonction des paramètres n, N, ... du synchrotron, il suffira, pour tenir compte des corrélations entre les δ_j, de remplacer (2) par

$$\overline{Z}_d^2 = \Phi(n, N, \ldots)\left[1 + \sum_k O_k(1)\chi_k\right]\overline{\delta}^2$$

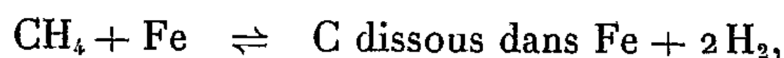
les $|O_k(1)|$ étant de l'ordre de l'unité, les χ_k étant convenablement définis ([5]).

4. Revenons à (1). Pratiquement, les χ_k deviendront négligeables dès que $k > 3$. Il est vraisemblable que χ_1 ne dépassera pas 20 à 25 % ; χ_2, χ_3, ... vont en décroissant. On voit qu'en mettant les choses au pire, les corrélations entre les δ_i n'augmenteront pas de plus de 30 à 40 % le déplacement maximum de (O) calculé dans l'hypothèse de l'indépendance statistique entre les δ_i.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cinétique de la carburation de l'acier par un mélange hydrogène-méthane.* Note de MM. **Gaston Collette** et **Léon Jacqué**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Une méthode thermogravimétrique déjà décrite a permis d'étudier l'influence, sur la vitesse de carburation de l'acier, de la teneur en carbone de l'acier, de la concentration du gaz carburant et de la température.

La carburation de l'acier sous l'action d'un mélange hydrogène-méthane se faisant, dans la phase austénite, d'après l'équation



$$CH_4 + Fe \rightleftharpoons C \text{ dissous dans } Fe + 2H_2,$$

la méthode thermogravimétrique déjà décrite ([1]) enregistrant en continu la variation de masse d'une éprouvette en fonction du temps, permet d'étudier la cinétique de la réaction. Les expériences ont été effectuées sur des plaquettes ($115 \times 20 \times 0,2$ mm) de fers techniques de compositions suivantes :

Fer technique A : C 0,03 % ; Mn 0,28 % ; Si 0,03 % ; S 0,016 % ; P 0,011 % ; Cr 0,03 % ; Cu 0,06 %.

Fer technique B : C 0,03 % ; Mn 0,042 % ; S 0,009 % ; P 0,006 % ; Cu 0,105 % ; Ni 0,080 %.

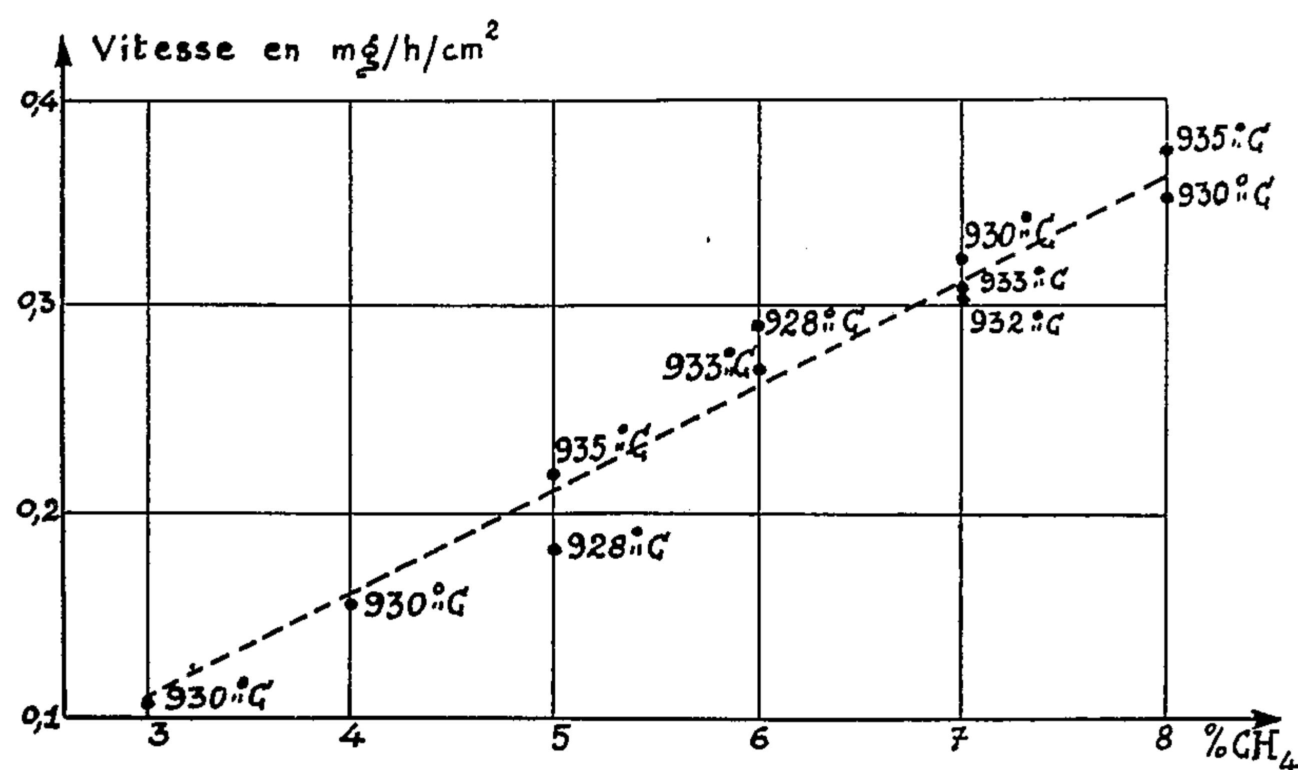
([5]) Il faudra naturellement modifier la définition donnée en *d*.

([1]) L. Beaujard, G. Collette et L. Jacqué, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1388.

On a choisi des concentrations de méthane dans l'hydrogène supérieures à celles donnant lieu à un équilibre avec le carbone dissous dans le fer γ. Les vitesses ont été exprimées en milligrammes par heure et par centimètre carré.

Influence de la teneur en carbone de l'acier. — Les expériences réalisées entre 850 et 1025° montrent qu'à température et concentration en méthane constantes, l'augmentation de masse de l'acier est une fonction linéaire du temps. La réaction peut donc être considérée comme d'ordre zéro par rapport au carbone dissous, dans les conditions expérimentales précisées ci-dessus.

Influence de la concentration en méthane du mélange hydrogène-méthane. — Le graphique ci-dessous résume les résultats expérimentaux dont le détail sera donné dans un Mémoire ultérieur, et montre que la vitesse de carburation est, entre 3 et 8 % de CH_4, proportionnelle à la concentration en méthane.



Influence de la température. — La concentration en méthane du mélange carburant a été fixée à une valeur constante pendant la durée de chaque expérience.

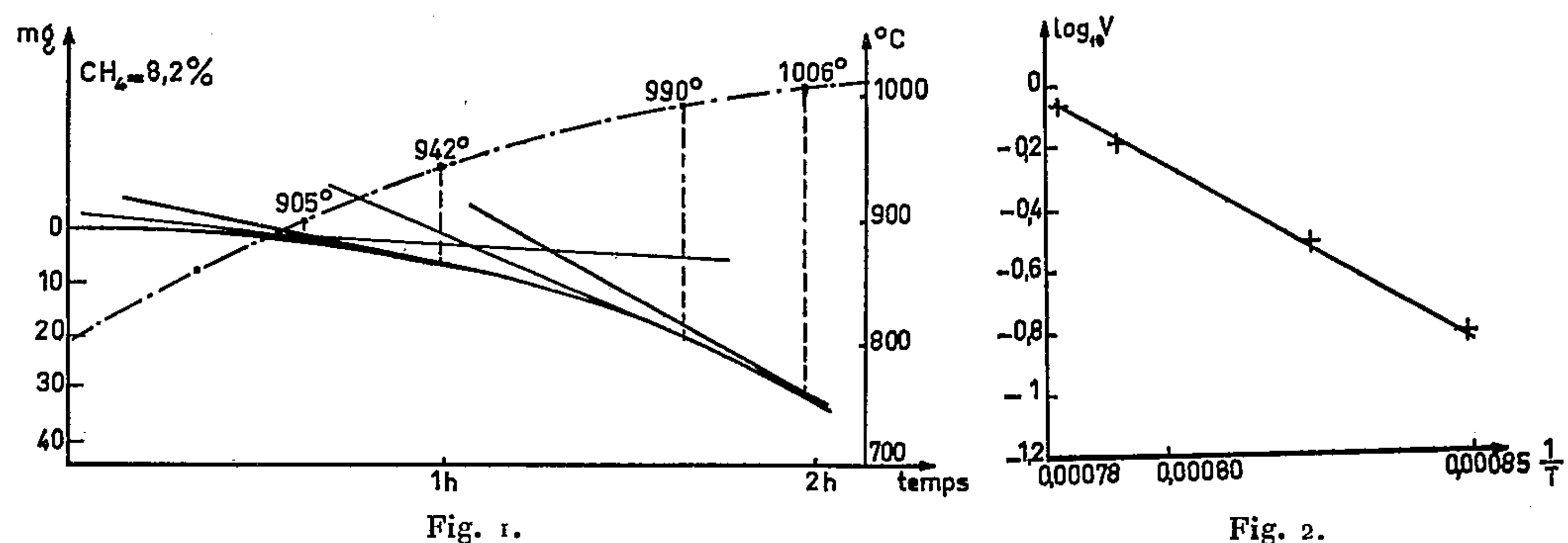


Fig. 1. Fig. 2.

La figure 1 est la réduction d'une des courbes de carburation à teneur en méthane constante et de la courbe de température correspondante. La vitesse V

de carburation, en fonction de la température, se déduit de la mesure des pentes des tangentes en différents points de la courbe de carburation.

Sur la figure 2, on a porté en abscisse les valeurs de 1/T et, en ordonnée, les valeurs de $\log_{10} V$ correspondantes; celles-ci s'alignent conformément à la relation $V = A e^{-\frac{Q}{RT}}$. La mesure de la pente de la droite donne la valeur de l'énergie d'activation de la réaction de carburation.

Le tableau ci-dessous donne, en kilocalories, les valeurs de Q obtenues à ce jour :

	Fer technique A.					Fer technique B.			
% CH_4........	8,2.	8,2.	7.	5.	5.	7.	5.	5.	5.
Q	51,2	51,2	60,5	55,5	57,7	64,4	69	69	85

La dispersion, plus grande dans les résultats relatifs au fer technique B, est peut-être imputable au fait que les éprouvettes ont été prélevées parallèlement à l'axe d'une billette de section carrée notable (100 × 100 mm) et que nous ne possédons que l'analyse moyenne de ce fer.

Le dépouillement statistique des points expérimentaux résumés par le tableau ci-dessus semble indiquer que l'énergie d'activation dépend, d'une manière sensible, de la composition du métal.

Nous entreprenons des expériences systématiques sur l'influence de quelques-uns des éléments d'addition habituels sur la vitesse de carburation.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Rôle des dépôts de carbone dans la décomposition thermique hétérogène des substances organiques.* Note (*) de MM. **Pierre Le Goff** et **Maurice Letort**, présentée par M. Paul Pascal.

Au contact de tungstène chauffé à plus de 1200° K, des gaz organiques se décomposent en carbone libre et en gaz stables simples (H_2, CO). Sur tungstène superficiellement carburé, il n'y a soit aucune réaction (cas de CH_3CHO) soit formation de radicaux libres (cas du peroxyde de dibutyle tertiaire). La vitesse de diffusion du carbone dans le tungstène règle l'importance relative de ces deux modes de décomposition.

Nous avons décrit précédemment (1) le principe d'une technique destinée à l'étude du mécanisme intime des réactions hétérogènes à très basse pression : un gaz X traverse, à grand débit (5 l/s) et sous 10^{-5} mm Hg, une enceinte (réacteur) qui contient un ruban de tungstène. Un spectromètre de masse, dont la source ionique est placée dans cette enceinte, permet d'identifier les gaz formés et de mesurer leurs concentrations stationnaires, même s'il s'agit de radicaux libres.

(*) Séance du 11 octobre 1954.

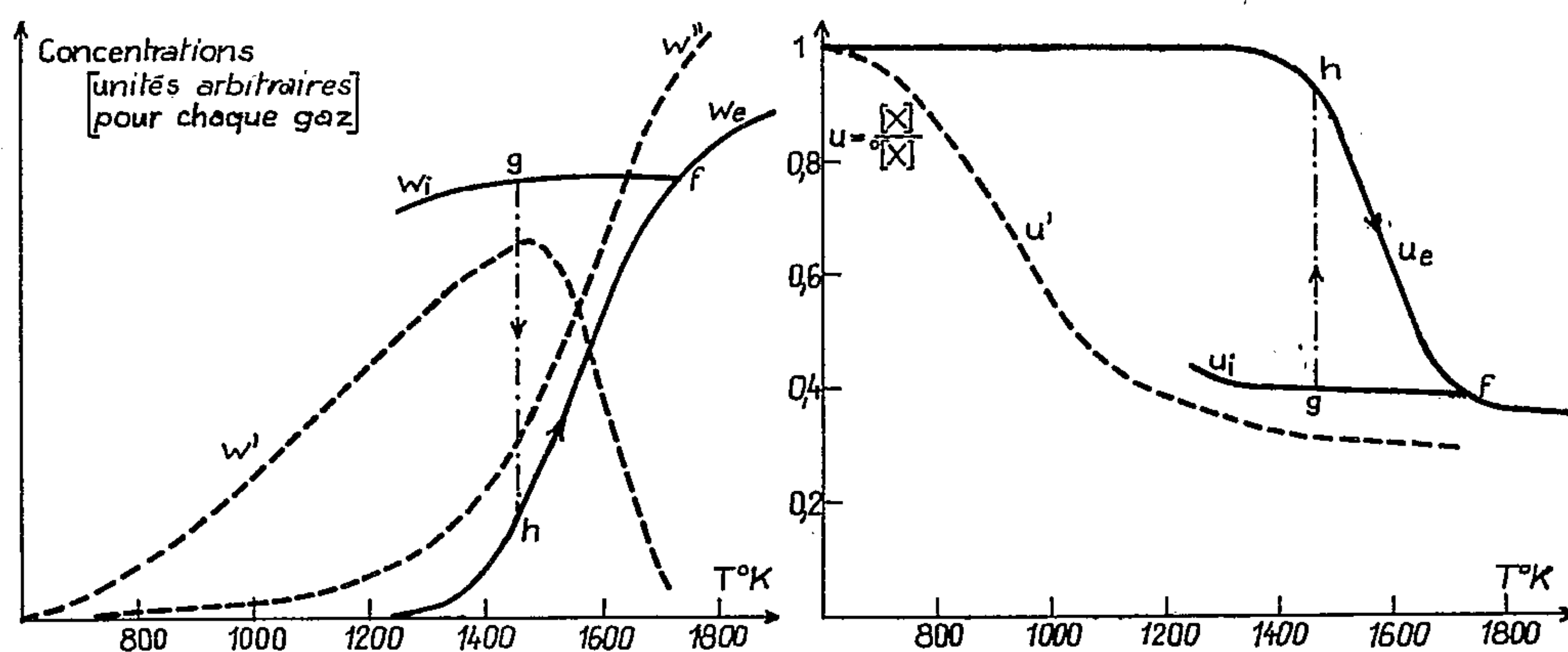
(1) P. Le Goff, *J. Chim. Phys.*, 50, 1953, p. 423.

Quand on porte le ruban à une température T, la concentration stationnaire du gaz X passe de $^{0}[X]$ à $[X]$ et l'on peut montrer que le rendement de choc b de décomposition du gaz sur le ruban est donné par la relation :

$$b = \frac{1-u}{\nu_m u},$$

où u est le rapport $[X]/^{0}[X]$ et ν_m un paramètre caractéristique de la géométrie du réacteur, égal à 2,5 dans nos expériences.

La courbe u_e représente, pour l'acétaldéhyde, la variation de u avec T ; on remarque que le rendement de choc est très élevé ($b = 0,7$) dès 1800°K. Nous n'avons jamais détecté la moindre formation de radicaux libres dans cette réaction ; les seuls gaz produits sont CO et H_2. La courbe w_e représente la concentration stationnaire de H_2 ; celle de CO lui est semblable. Le bilan de matière impose que du carbone se dépose sur le ruban; de fait, on suit la carburation progressive du tungstène par mesure de sa résistance électrique.



Les courbes u_e et w_e sont dites « à l'équilibre », car elles sont obtenues *en élevant lentement* la température du ruban. Si, ayant atteint les points (f) ($u_e = 0,38$ à 1725° K), on éteint le ruban, puis on le rallume à une température inférieure (1460° K par exemple), u et w prennent, *à l'instant initial*, des valeurs représentées par les points (g) qui constituent les courbes u_i et w_i ; u et w évoluent ensuite, pour rejoindre, en quelques dizaines de secondes, leurs valeurs d'équilibre à cette température (points h).

Nous avons mesuré les vitesses d'évolution de u et de w en fonction du temps, de la température, de la pression de gaz; l'influence de l'oxygène a été examinée. L'ensemble de ces résultats, qui sera publié ultérieurement, s'explique par le mécanisme suivant :

Dans tout le domaine de température étudié (1200-1900° K) le rendement de choc de décomposition de l'acétaldéhyde serait élevé sur la surface de tungstène nue, mais très faible sur la surface carburée.

Soit θ_c la fraction de surface du ruban qui est carburée. En régime stationnaire, cette fraction résulte de la compétition entre la quantité de carbone apportée par la décomposition de l'acétaldéhyde et celle qui diffuse dans la masse du tungstène. Au-dessus de 1900°K, cette diffusion étant très rapide, la surface se dénude perpétuellement ($\theta_c \neq 0$), alors qu'au-dessous de 1300°K la surface du ruban reste chargée en carbone ($\theta_c \neq 1$). Ainsi, l'hystérèse observée traduirait la contamination progressive de la surface catalytique.

Cette interprétation est recoupée de deux façons :

La variation de u_e avec T permet de calculer la chaleur de diffusion du carbone dans le tungstène, soit 70 ± 5 kcal, en bon accord avec la détermination directe (72 kcal) ([2]).

L'oxygène, en décarburant la surface, doit modifier l'hystérèse, ce que les résultats confirment quantitativement.

Dans tous nos essais, le taux moyen de carbone dans le tungstène reste inférieur à 1 % ; il serait intéressant de vérifier que l'hystérèse est supprimée quand le tungstène est saturé en carbone. La grande fragilité des rubans carburés enpêche malheureusement cette expérience.

La décomposition de l'acétylène dans les mêmes conditions, est en tous points comparable à celle de l'acétaldéhyde; l'hydrogène est le seul produit gazeux formé.

On observe par contre la décomposition au-dessous de 1500°K de molécules peu stables comme $Pb(CH_3)_4$ et $(CH_3)_3COOC(CH_3)_3$ (courbe u'). Mais les chocs sur la surface carburée donnent naissance à des radicaux libres dont les courbes de concentration ont l'allure de la courbe w' relative au radical CH_3. Les concentrations de CO et de H_2 ne deviennent sensibles qu'à plus hautes températures (courbes w'').

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude micrographique à haute résolution des premiers stades du vieillissement d'un alliage aluminium-cuivre.* Note de MM. **Raymond Castaing** et **Gabriel Lenoir**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Des micrographies électroniques à haute résolution ont pu être obtenues dans l'examen direct par transmission d'alliages légers; elles permettent de mettre en évidence les hétérogénéités qui caractérisent les tout premiers stades du vieillissement de ces alliages.

Nous avons perfectionné la méthode d'examen métallographique sur coupes minces mise au point par l'un de nous ([1]), dans le but d'augmenter l'impor-

---

([2]) M. Andrews et S. Dushman, *J. phys. Chem.*, 29, 1923, p. 462.

([1]) R. Castaing et P. Laborie, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1330.

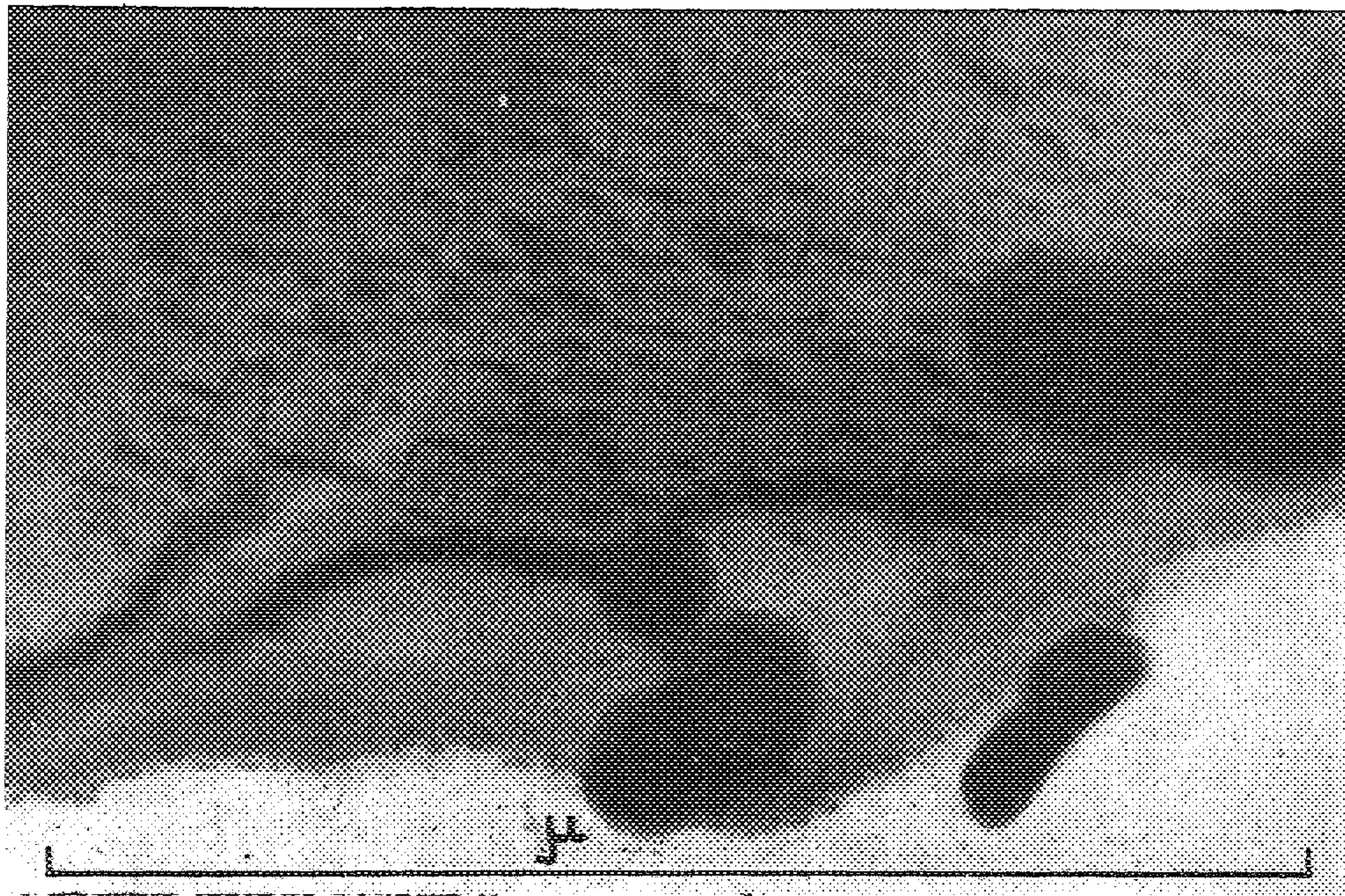


Fig. 1. — Al-Cu 4% vieilli 240 h. à 150°. Gr. : 120000.

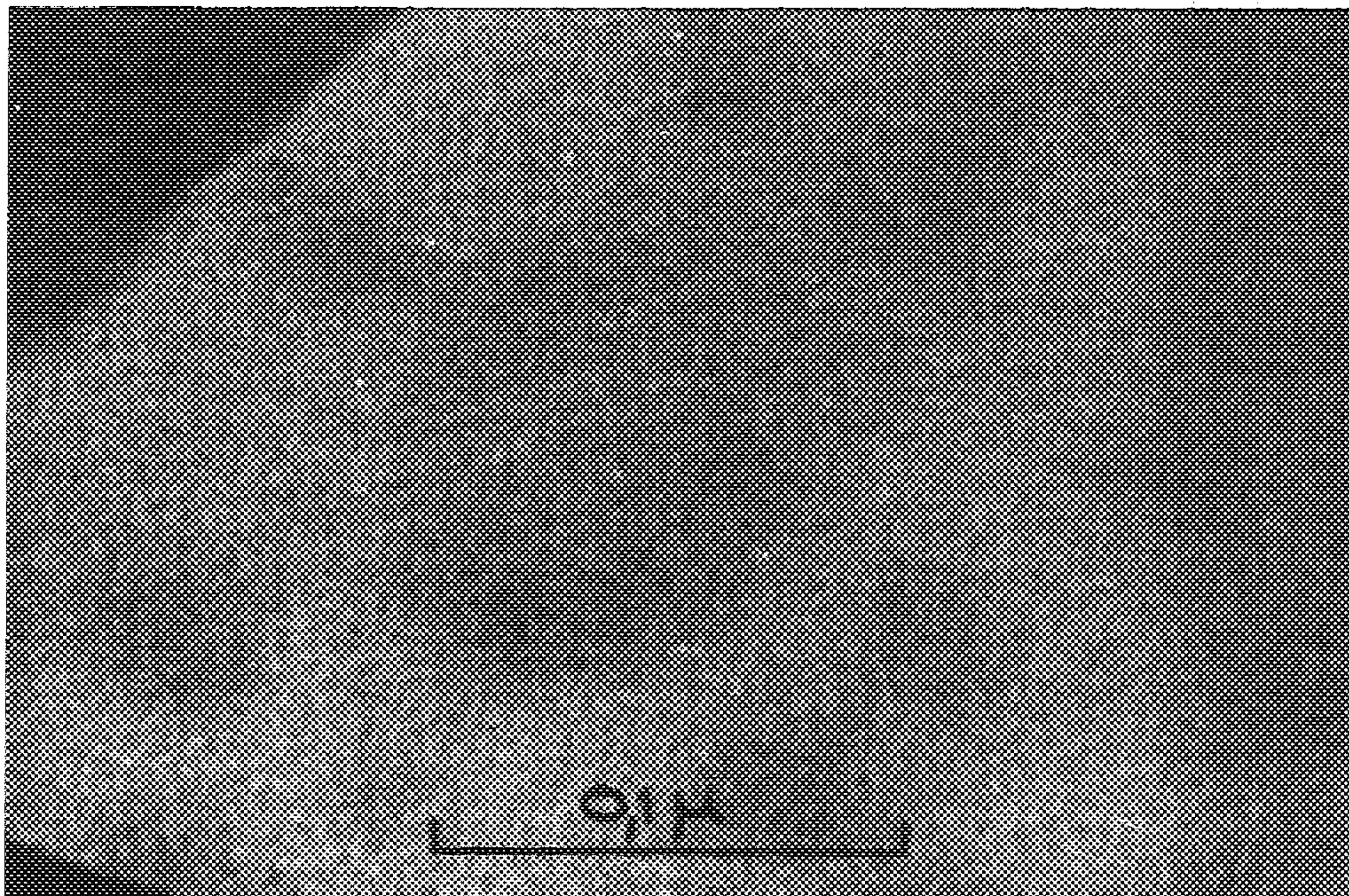


Fig. 2. — Al-Cu 4% vieilli 24 h. à 100°. Gr. : 470000.

tance relative de la surface utile et d'accroître au maximum le pouvoir de résolution de l'image. L'échantillon, amené au préalable par voie mécanique à quelques centièmes de millimètre d'épaisseur, est aminci par polissage électrolytique sur une surface importante (1 cm² environ). Si les conditions de polissage sont correctes, l'amincissement reste uniforme jusqu'à une épaisseur de 1 à 2 μ; on prolonge l'opération jusqu'à ce que le métal présente l'aspect d'une dentelle comportant un très grand nombre de trous, de diamètre allant de 1 à 100 μ, séparés par des distances de l'ordre du centième de millimètre. L'échantillon est ensuite soumis à un amincissement final par bombardement ionique, dont le rôle est d'amincir à l'extrême les bords des trous, arrondis par le polissage électrolytique, et de nettoyer la surface [1]. Des pastilles de 3 mm sont alors découpées et examinées au microscope électronique. La fragilité des échantillons ainsi obtenus n'est qu'un inconvénient mineur vis-à-vis des énormes avantages que présente ce processus opératoire. Une fraction importante de la surface de l'échantillon devient suffisamment transparente pour l'examen micrographique, qui ne se limite plus aux régions avoisinant les trous; la proportion de surface utile devient comparable à celle que l'on obtient sur une empreinte (obligatoirement supportée par une grille). Enfin, certaines régions sont assez minces pour une utilisation complète du pouvoir de résolulion ultime du microscope électronique (0,001 μ environ); nous allons pouvoir le vérifier dans l'étude d'un alliage Al—Cu 4 % aux tout premiers stades du vieillissement.

1° *Vieillissement à* 150°. — La phase θ'', qu'il n'avait pas été possible de mettre nettement en évidence sur les empreintes d'oxyde, apparaît sous forme de plaquettes parallèles à l'un des trois systèmes de plans (100) de la matrice, beaucoup plus petites et plus serrées que les plaquettes θ'. Leur diamètre va de 0,01 à 0,04 μ et leur épaisseur de 0,001 à 0,004 μ environ (soit 4 à 20 couches atomiques). Elles se présentent souvent par paires d'écartement allant de 0,002 à 0,01 μ.

2° *Vieillissement à* 100°. — Les *zones de Guinier-Preston*, dont seule la diffusion des rayons X avait indiqué la présence au premier stade du durcissement, *apparaissent sur une micrographie à haute résolution* (*fig.* 2). Malgré le faible contraste dû à l'extrême minceur des zones G. P., on voit apparaître un aspect réticulé caractéristique, *que nous n'avons pas observé dans d'autres conditions de revenu*. L'écartement moyen des zones G. P. (0,004 μ) et leur diamètre (0,004 μ) sont en bon accord avec les prévisions déduites de l'examen aux rayons X [2]. La présence de ces zones a pu être vérifiée par un examen de l'échantillon en diffraction électronique localisée; des traînées caractéristiques apparaissent; elles sont tout à fait analogues à celles que l'on peut observer sur le diagramme de rayons X correspondant.

---

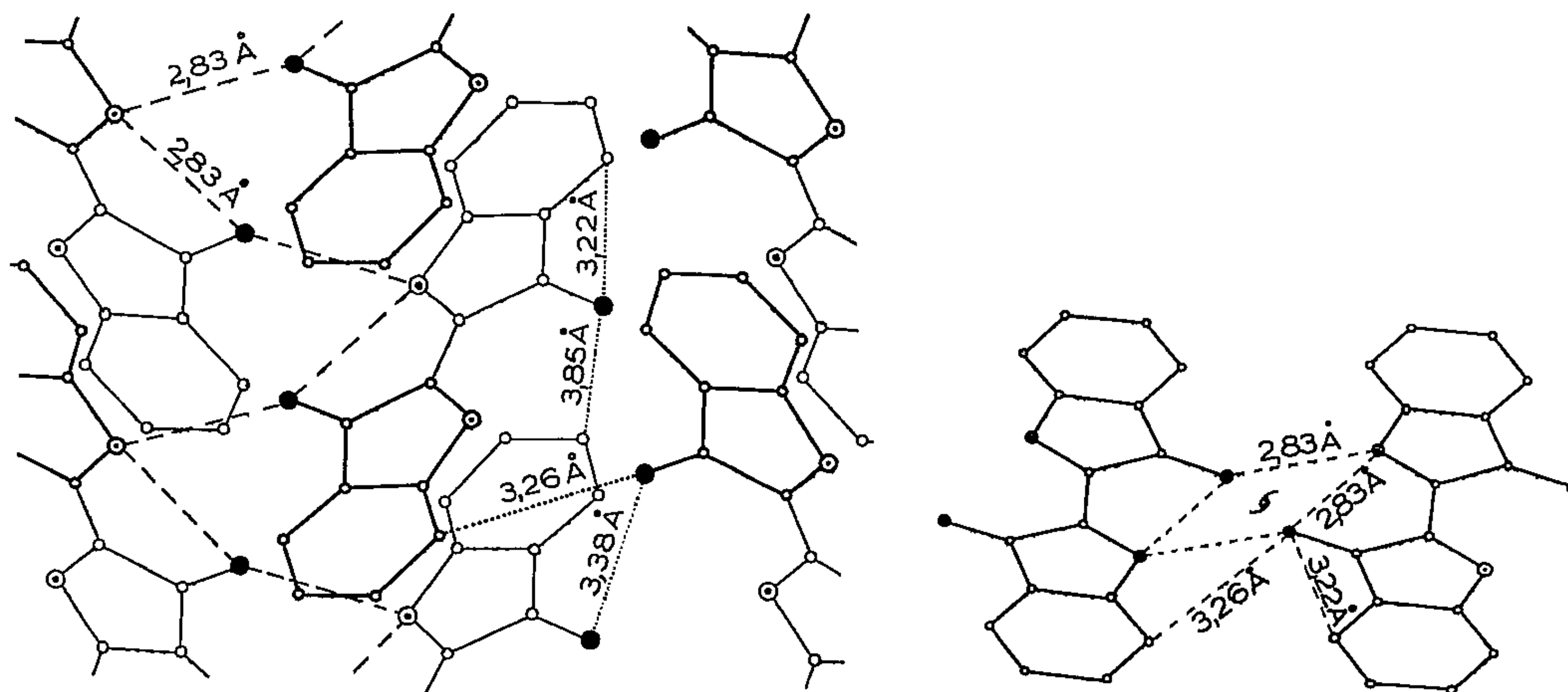
[2] A. Guinier, *Physica*, 15, nᵒˢ 1-2, p. 151.

CHIMIE CRISTALLOGRAPHIQUE. — *Stéréochimie de l'indigo dans l'état cristallin.* Note de Mme **Hélène von Eller**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude de la structure de l'indigo, aux rayons X, a permis d'obtenir les coordonnées des atomes dans la maille cristalline ([1]). Celles-ci ont servi de base au calcul des distances interatomiques et des angles de valence dont les valeurs sont les suivantes :

$C_1 - C'_1$	1,37 Å	$C_6 - C_7$	1,42 Å
$C_1 - C_2$	1,47	$C_7 - C_8$	1,34
$C_2 - C_3$	1,46	$C_8 - C_3$	1,40
$C_3 - C_4$	1,36	$C_8 - N$	1,44
$C_4 - C_5$	1,39	$N - C_1$	1,34
$C_5 - C_6$	1,40	$C_2 - O$	1,29
Angle $(C'_1C_1C_2)$	121°,8	Angle $(C_3C_4C_5)$	119°,7
» (C_2C_1N)	109,7	» $(C_4C_5C_6)$	122,2
» (C'_1C_1N)	128,4	» $(C_5C_6C_7)$	116,3
» $(C_1C_2C_3)$	104,1	» $(C_6C_7C_8)$	120
» (C_1C_2O)	124,2	» (C_7C_8N)	130,6
» (C_3C_2O)	131,4	» $(C_7C_8C_3)$	117,5
» $(C_2C_3C_8)$	107,9	» (C_3C_8N)	106,8
» $(C_2C_3C_4)$	132,1	» (C_8NC_1)	110,3
» $(C_4C_3C_8)$	118,9		

La molécule d'indigo se compose de deux moitiés centrosymétriques. Un plan moyen passant par les atomes de carbone d'une même moitié peut être



calculé par la méthode des moindres carrés. La distance à ce plan de chacun des atomes de carbone reste dans le domaine de l'erreur. Pour l'origine et les

([1]) H. von Eller, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1894.

atomes d'oxygène et d'azote, les distances sont respectivement égales à 0,04, 0,03 et 0,036 Å.

L'atome d'oxygène est équidistant de deux groupements imine. Cette distance, égale à 2,83 Å, est caractéristique d'une liaison hydrogène, avec ceci de particulier qu'un seul atome d'hydrogène semble participer à deux liaisons. Dans une même molécule, cette liaison intervenant entre l'oxygène et l'azote qui lui fait face, peut expliquer l'existence du seul isomère éthylénique *trans*. D'autre part, les molécules se déduisant les unes des autres par opération d'axe binaire hélicoïdal et de plan de symétrie avec glissement sont liées entre elles, ce qui expliquerait la croissance du cristal suivant le plan 100.

Sur la figure sont représentées les deux projections de la structure effectuées parallèlement à a et b, avec les principales distances interatomiques.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Microdosage colorimétrique de l'eau oxygénée.* Note de MM. **François Patti** et **Paul Bonet-Maury**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Étudiant l'action des rayons X et gammas sur l'eau ([1]), nous avons été amenés à déceler et mesurer avec précision de très faibles quantités d'eau oxygénée.

Le principe du microdosage est le suivant : après oxydation du fer ferreux en ferrique par l'action d'H_2O_2(Fe^{+++}+ et $\rightleftharpoons Fe^{++}$), l'ion ferrique ainsi formé est complexé par l'ion sulfocyanure suivant la réaction probable : $Fe^{+++} + SCN \rightleftharpoons Fe[(CNS)]^{++}$ et la coloration du complexe est mesurée au photomètre.

Réactifs utilisés. — 1° La solution d'eau oxygénée à doser.

2° Une solution de fer ferreux 0,01 N, en milieu sulfurique 3 N. Le sel de Mohr est dissous dans l'eau, dégazée par barbottage d'azote ou par l'action du vide, et la solution obtenue est conservée sous azote; elle peut se conserver plusieurs jours sans s'oxyder.

Nous avons vérifié que les faibles quantités de fer ferrique qui peuvent être présentes dans la solution ferreuse n'influencent pas la réaction.

3° Une solution de sulfocyanure de potassium 10 M dans l'eau. La pureté de ces sels doit être soigneusement vérifiée.

Technique du dosage. — Le dosage s'effectue en milieu sulfurique. On mélange dans une cuve photométrique 0,5 cm^3 de la solution d'eau oxygénée à doser avec une goutte de solution ferreuse, on ajoute 0,25 cm^3 de sulfocyanure de potassium, on agite et presque immédiatement la coloration apparaît. Nous avons remarqué que dans le cas de solutions acqueuses d'eau oxygénée, l'acidité de la solution ferreuse (milieu sulfurique 3 N) abaisse suffisamment le pH.

([1]) P. Bonet-Maury, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 117.

Norman R. Todd (²) donne une courbe de l'intensité de coloration du complexe en fonction de la concentration en acide sulfurique qui montre que cette

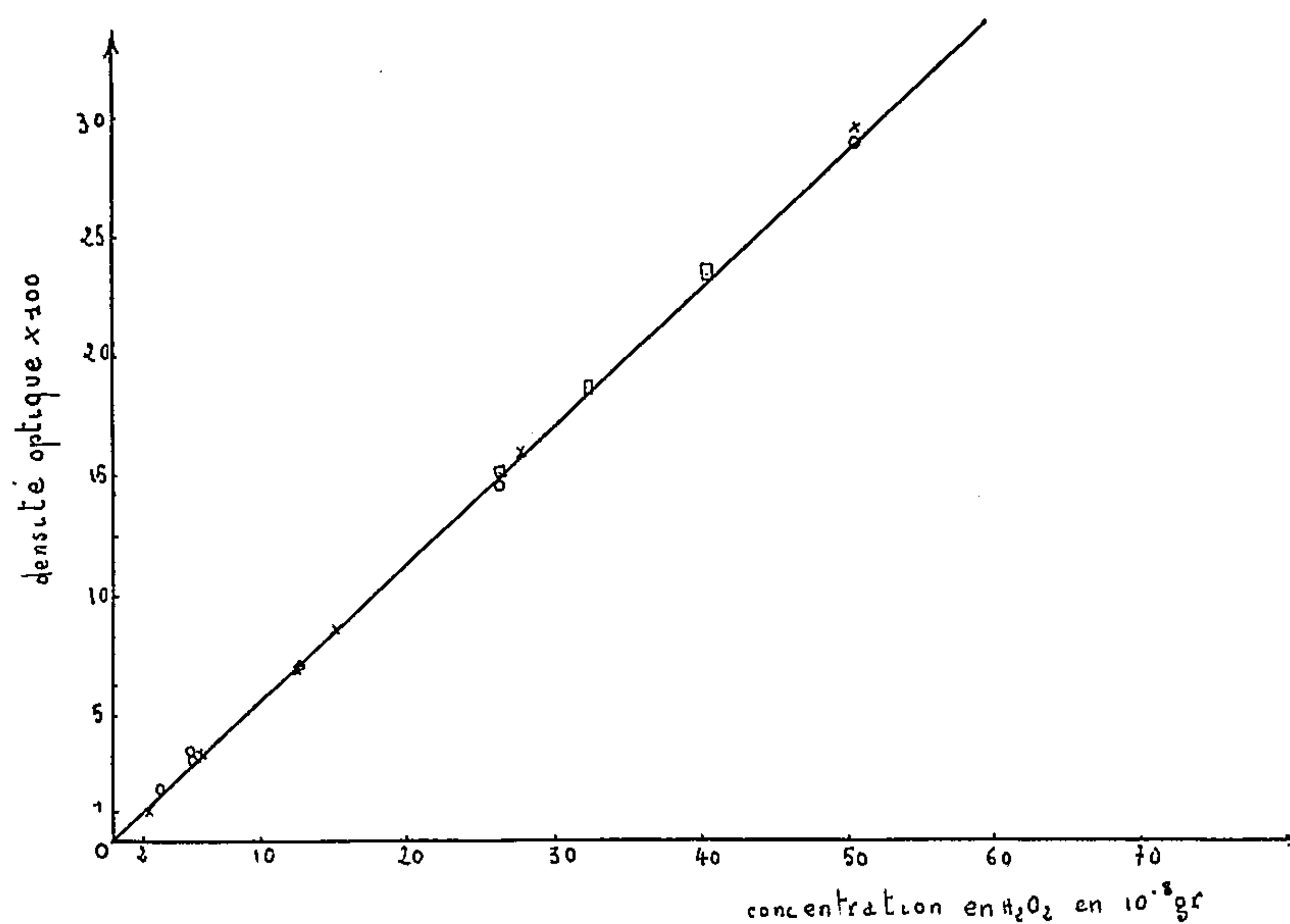


Fig. 1.

intensité ne varie pas jusqu'à pH 3. D'après la courbe d'absorption, faite avec un spectrophotomètre à réseau, il y a intérêt à effectuer les mesures à 4 800 Å, c'est-à-dire pour un photomètre à filtre coloré, l'écran Wratten n° 61 (vert).

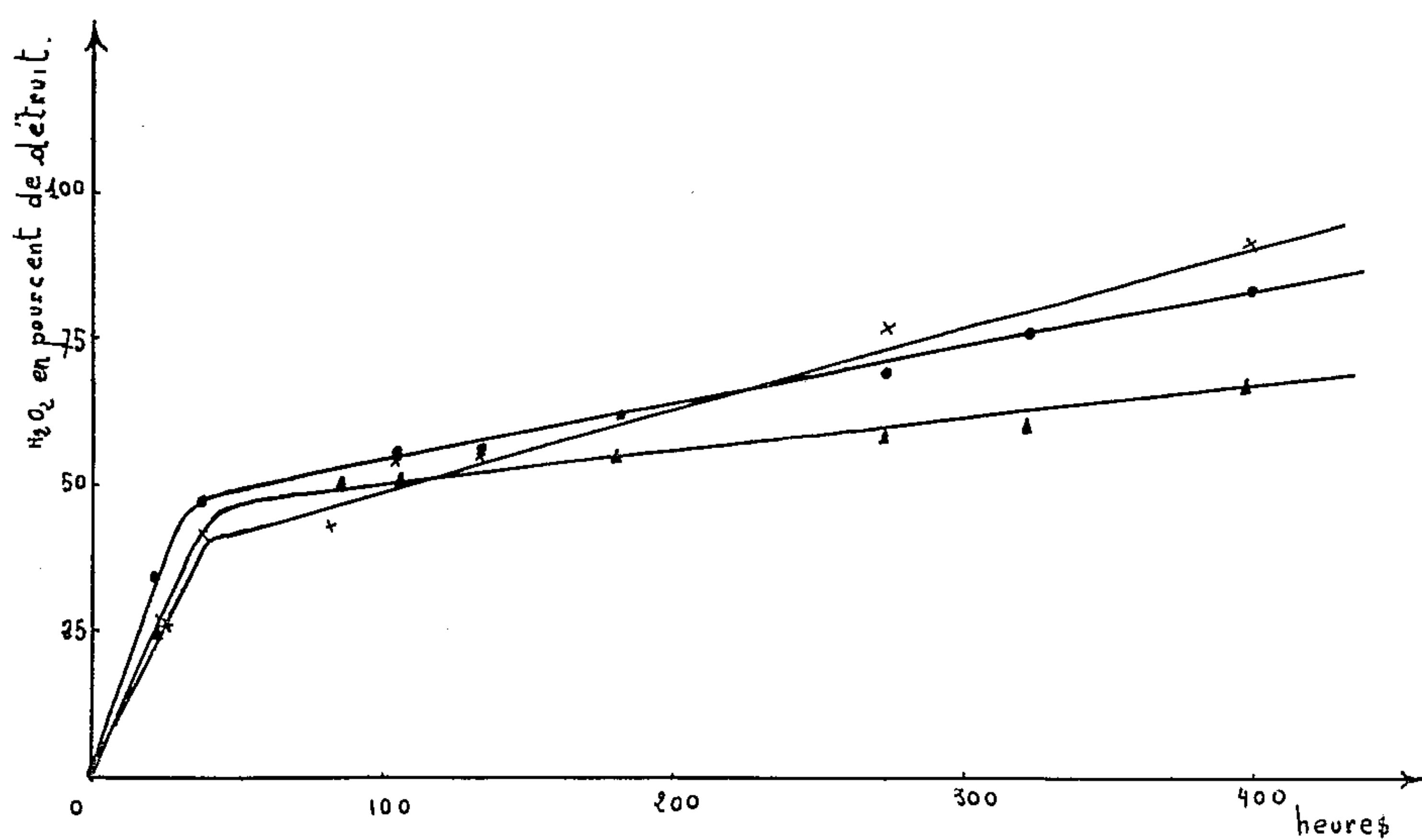


Fig. 2.

(²) Norman, R. Todd et S. L. Whitcher, *Atomic Energy Profect*, Contrat n° AT 041 GEN, 1949.

La plus petite quantité d'eau oxygénée décelable par cette méthode est de l'ordre de 2.10^{-8} g ou 0,02 γ. La figure 1 donne la courbe obtenue avec de l'eau oxygénée de provenances diverses, titrées par la méthode classique au permanganate; elle suit la loi Berr-Lambert.

Contrairement au dosage avec le sulfate de titane, la méthode décrite n'est pas spécifique, mais beaucoup plus sensible et permet de gagner un facteur 20, car la quantité limite décelable avec le titane est de 5.10^{-7} g ou 0,5 γ.

Nous avons étudié la stabilité de solutions très diluées d'eau oxygénée dans différents milieux. Ci-dessus une courbe montrant la stabilité d'une solution d'eau oxygénée en milieu NO_3H, pH 1,3, dans trois tubes à essais à la concentration de 3,1 γ/cm³ (*fig.* 2).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la réduction de l'alumine par l'hydrure de calcium; formation de* $CaAl_2$. Note (*) de MM. **André Chrétien, William Freundlich, Michel Bichara** et **Gilbert Tourné**, présentée par M. Louis Hackspill.

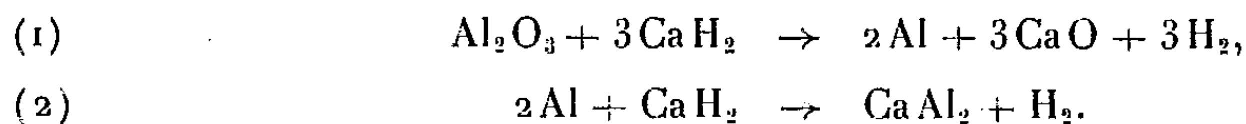
La réduction de l'alumine par l'hydrure de calcium conduit au composé bimétallique $CaAl_2$. Très sensible à l'oxydation, par l'oxygène libre ou combiné comme oxyde, avec formation d'aluminate $5CaO, 3Al_2O_3$ et mise en liberté partielle d'aluminium, $CaAl_2$ apparaît comme un agent de réduction d'un grand intérêt. Étude systématique des réactions.

La réduction de l'alumine par l'hydrure de calcium est complète; mais plusieurs réactions se succèdent ou se superposent. Son étude est suivie ici par deux méthodes physiques : examen radiocristallographique et analyse thermogravimétrique. Cette dernière méthode donne ici l'augmentation de poids par passage d'oxygène gazeux sur le produit de la réaction; elle décèle l'oxydation de ce produit. Les réactions qui interviennent en résultent.

La réduction se fait d'une façon continue. Elle commence à 500°, s'accroît au-dessus de 700°, et se termine vers 750°.

La nature du produit final dépend essentiellement de trois variables : proportions initiales d'hydrure de calcium et d'alumine mises en jeu, température, durée de chauffe. Ainsi, pour un rapport moléculaire $CaH_2/Al_2O_3 \geq 4$, on trouve deux phases dès 750° : $CaAl_2$ et CaO. Dans le cas contraire, la réduction n'est pas totale; le produit contient alors, en plus des deux corps précédents, un aluminate : $5CaO, 3Al_2O_3$.

La réduction se fait suivant deux réactions principales :



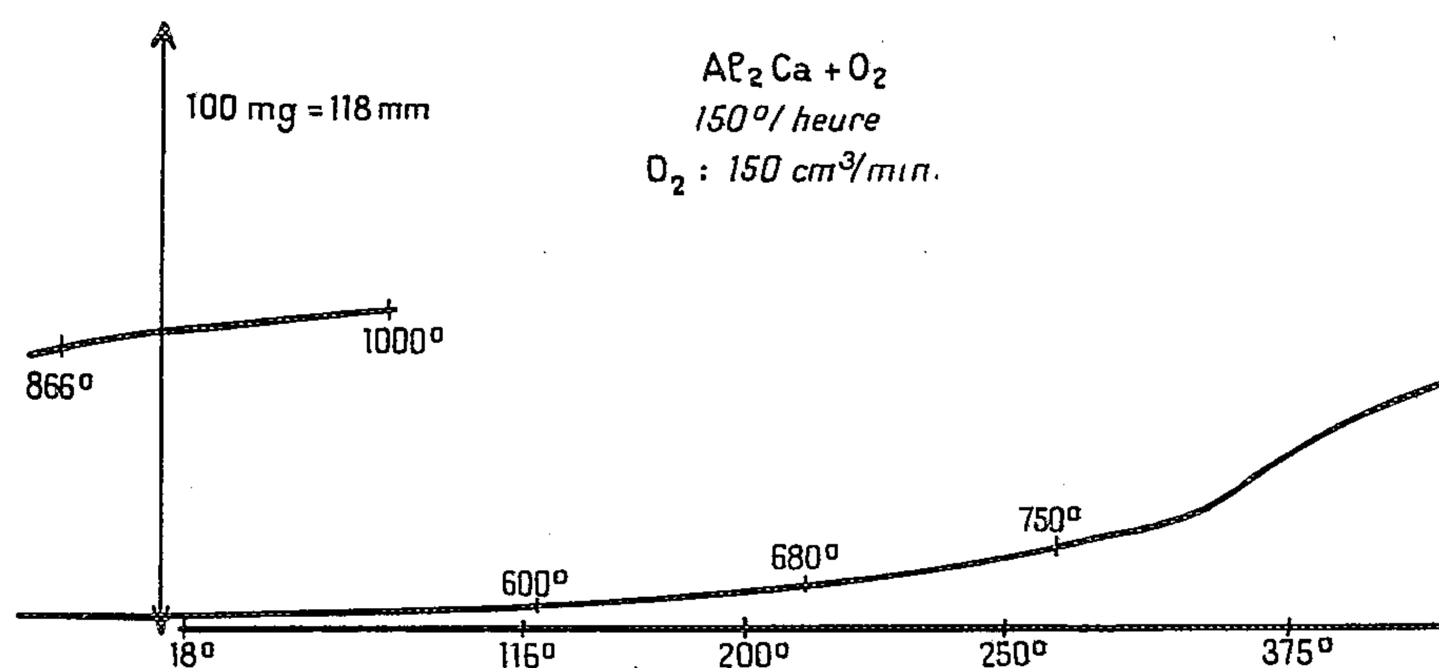
(1) $$Al_2O_3 + 3CaH_2 \rightarrow 2Al + 3CaO + 3H_2,$$

(2) $$2Al + CaH_2 \rightarrow CaAl_2 + H_2.$$

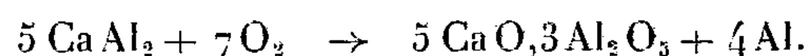
(*) Séance du 11 octobre 1954.

L'aluminium réagit avec l'hydrure pour former le binaire $CaAl_2$. Les deux réactions se font dans les mêmes limites de température, et leur vitesse est du même ordre. Dans les limites de température qui permettent la réaction (1) on sait que l'aluminate ne se forme pas à partir des oxydes.

L'oxydation de $CaAl_2$ par l'oxygène libre commence dès 250°, devient rapide au-dessus de 750°, et se ralentit à 900° pour se terminer peu après (*figure*); 7 mol-g O_2 sont fixées par 5 mol-g $CaAl_2$. Le produit obtenu jusqu'à 1 000° est un mélange d'aluminate $5CaO,3Al_2O_3$ et d'aluminium.

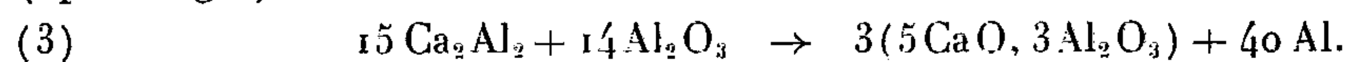


$CaAl_2$ s'oxyde donc directement, avec mise en liberté de quatre atomes Al sur 10 suivant la réaction

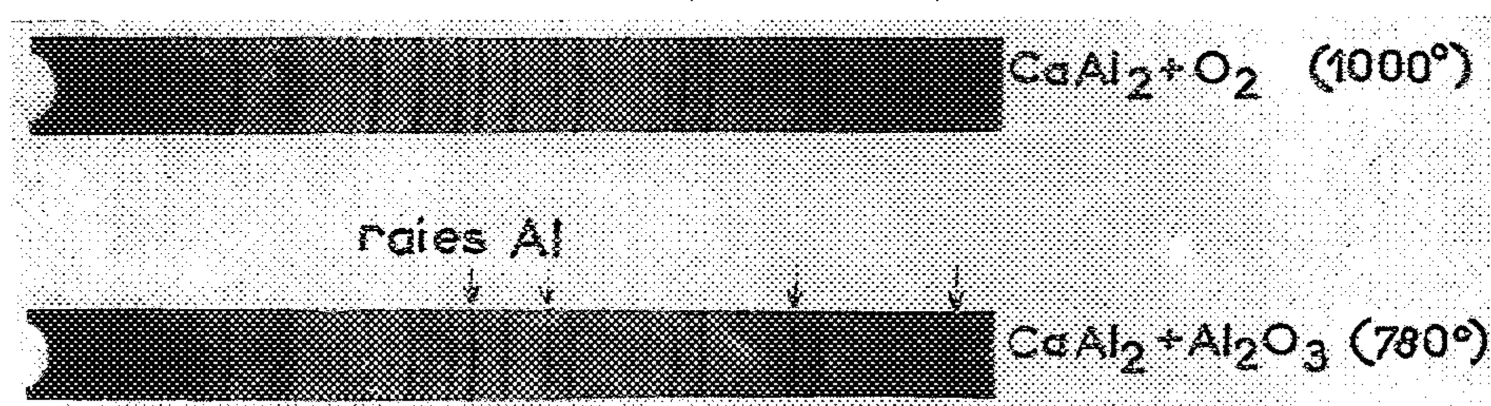


$$5\,CaAl_2 + 7O_2 \rightarrow 5\,CaO,3Al_2O_3 + 4Al.$$

La présence de l'aluminate dans les produits de réduction de l'alumine par l'hydrure de calcium provient ainsi de l'oxydation du binaire aluminium-calcium par l'alumine, réaction assez remarquable; qui est totale dès 780°: (spectrogr.)



(3) $$15\,Ca_2Al_2 + 14Al_2O_3 \rightarrow 3(5CaO, 3Al_2O_3) + 40\,Al.$$



L'aluminate est réduit, à son tour, par l'hydrure de calcium pour donner $CaAl_2$



(4) $$5CaO, 3Al_2O_3 + 12\,CaH_2 \rightarrow 3\,CaAl_2 + 14\,CaO + 12\,H_2.$$

Au total, les quatre étapes, bien identifiées, reviennent à la réaction globale



$$Al_2O_3 + 4CaH_2 \rightarrow CaAl_2 + 3CaO + 4H_2.$$

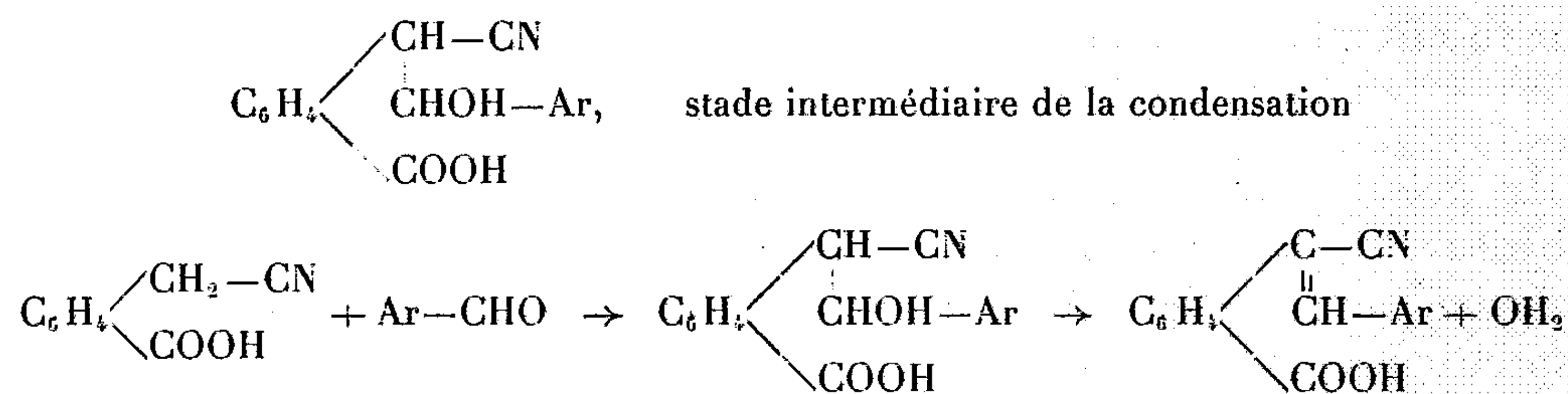
On s'explique ainsi l'absence de l'aluminate dans le produit de réduction final lorsque le rapport mol. CaH_2/Al_2O_3 dépasse 4. Le composé $CaAl_2$ reste après lavage du produit à l'acide acétique 25 %.

Ainsi donc, l'hydrure de calcium permet par l'intermédiaire de binaires comme $CaAl_2$ des réductions d'oxydes réfractaires. Il y a là un procédé pratique pour préparer des alliages difficiles à obtenir jusqu'alors. Nous en donnerons un exemple prochainement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les condensations aldéhydiques du nitrile homophtalique.* Note de M. **Henry Gault** et Mlle **Marguerite Dorgans**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nos premières recherches dans ce domaine ont porté sur la condensation des aldéhydes aromatiques avec le nitrile homophtalique (*o*-carboxy-phényl-acétonitrile), la réaction de condensation nitrile-aldéhyde ayant fait l'objet de nombreuses études et son processus ionique ayant été plus particulièrement étudié par A. Bruylants et coll. [1].

Le but de ce travail était l'obtention de la cyanhydrine :



avant la déshydratation en nitrile éthylénique. A notre connaissance, ce stade intermédiaire n'avait pas encore été observé.

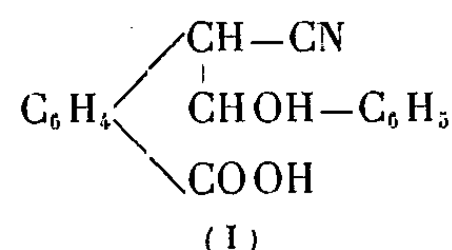
Nous avons plus particulièrement étudié, jusqu'à présent, la condensation du *benzaldéhyde* avec l'*o*-carboxy-phényl-acétonitrile [2] et voici le mode opératoire auquel nous nous sommes arrêtés.

La condensation s'effectue en deux étapes : l'*ionisation* du nitrile, le solvant ionisant étant la pyridine, et la *condensation* elle-même pour laquelle nous avons opéré en présence d'acide acétique afin d'éviter la déshydratation de la cyanhydrine formée.

(1) *Helv. Chem. Acta*, vol. XXXV, 1952, p. 1127.

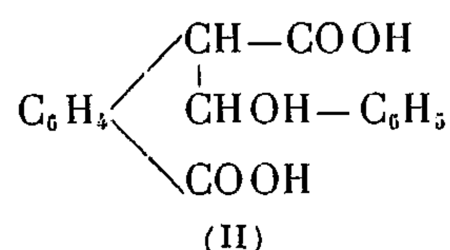
(2) H. Gault et M. Dorgans, *Bull. Soc. Chim.*, 7, 1954, p. 827.

Mode opératoire. — On ajoute goutte à goutte un mélange de benzaldéhyde (27 g, 1/4 de mol.) et d'acide acétique (25 cm^3) à une solution d'*o*-carboxyphényl-acétonitrile (40 g, 1/4 de mol.) dans la pyridine (60 cm^3). Après agitation pendant quatre heures à 60°, on distille les solvants sous vide et sépare ainsi un composé cristallisé jaune pâle qui est l'*hydroxybenzyl-o-carboxyphényl-acétonitrile* (I)

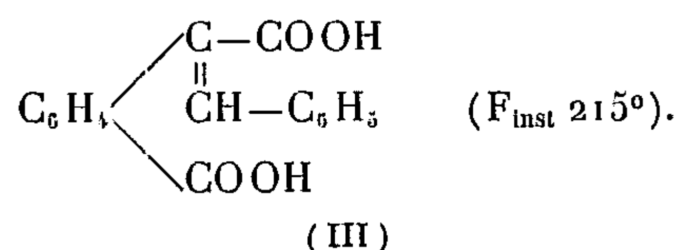


F_{inst} 240° avec sublimation. Le rendement est de 60 %.

La cyanhydrine (I), alcool secondaire, résiste à l'action déshydratante de l'acide sulfurique à 50 %, au bain-marie, la fonction nitrile étant, elle, hydrolysée. On obtient l'*acide hydroxybenzyl-homophtalique* (II). Cristaux jaune vert très pâle. F_{inst} 140°, Rdt : 80 %

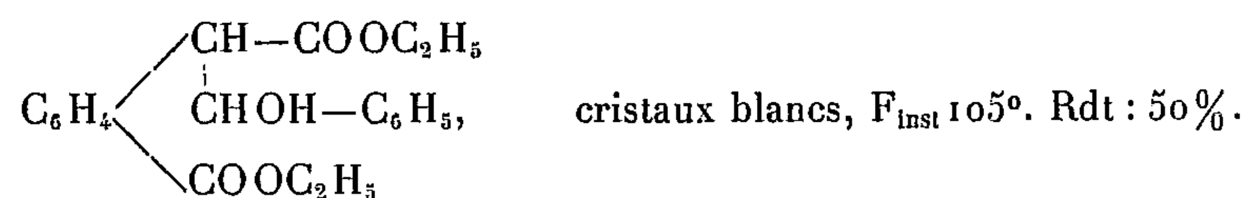


Le diacide (II), chauffé jusqu'à son point de fusion, se boursoufle et perd une molécule d'eau en donnant le diacide éthylénique (III)



C'est l'acide benzylidène-homopthalique déjà préparé par N.-P. Buu-Hoï [3] par condensation directe de l'acide homophtalique avec le benzaldéhyde en présence d'éthylate de sodium.

Nous avons estérifié le diacide (II) par passage d'un courant d'acide chlorhydrique sec dans sa solution alcoolique et obtenu le diester (IV), c'est-à-dire le *diester hydroxybenzyl-homophtalique*.



[3] *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 643.

Nous avons, d'autre part, étendu ces recherches à la condensation des aldéhydes et en particulier du benzaldéhyde avec l'acide ([4]) et le diester ([5]) homophtalique préparés à partir de l'o-carboxyphényl-acétonitrile.

Dans les conditions expérimentales qui viennent d'être décrites pour le nitrile, nous avons obtenu le diacide (II) (Rdt : 40 %) et, respectivement, le diester (IV) avec un très faible rendement.

Nous avons pu observer, d'autre part, que la substitution du radical —CN par les groupements —COOH et —$COOC_2H_5$ entraîne une désactivation de la molécule.

Nous poursuivons l'étude chimique des divers composés obtenus.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude sur les transpositions par les acides d'un diquinol diacétylénique anthracénique. Un sulfate cyclique d'ènediol.* Note (*) de M. **Guy Rio**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Diéthers et diesters d'un ènediol, le dihydroxystyryl-9 phényléthynyl-10 anthracène, obtenus par transposition à partir du dihydroxy-9.10 *bis* (phényléthynyl)-9.10 dihydro-9.10 anthracène. Deux de ces diéthers et un diester (sulfate) sont cycliques.

Le dihydroxy-9.10 *bis* (phényléthynyl)-9.10 dihydro-9.10 anthracène I*a* a déjà été soumis à l'action des acides ([1]). Les hydracides ont donné des corps jaunes halogénés, dont j'ai établi la structure. Si une réaction de Meyer et Schuster ([2]) de type normal, se produisant deux fois de manière symétrique, avait eu lieu, il se serait formé le diphénacylidène-9.10 dihydro-9.10 anthracène II. Or j'ai démontré, à la suite d'une étude détaillée qui a nécessité de longs développements, qu'il s'agit en réalité de dihalogénostyryl-9 phényléthynyl-10 anthracènes III ([1]).

J'ai utilisé d'autres acides afin de voir si cette transposition était particulière aux hydracides. L'acide sulfurique, en solution méthylique (2 % en volume), à chaud, donne un corps jaune dont l'analyse correspond à la formule $C_{32}H_{24}O_2$, possédant un double point de fusion (F_{inst} 153-154° et 157-158°). En présence d'éthanol, dans les mêmes conditions, il se forme un autre corps jaune de formule $C_{34}H_{28}O_2$, également à double fusion (146-147° et 148-149°). Ces composés ne peuvent être confondus avec les diéthers normaux du diquinol,

([4]) *Organ. Synth.*, Vol. XXII, p. 60.

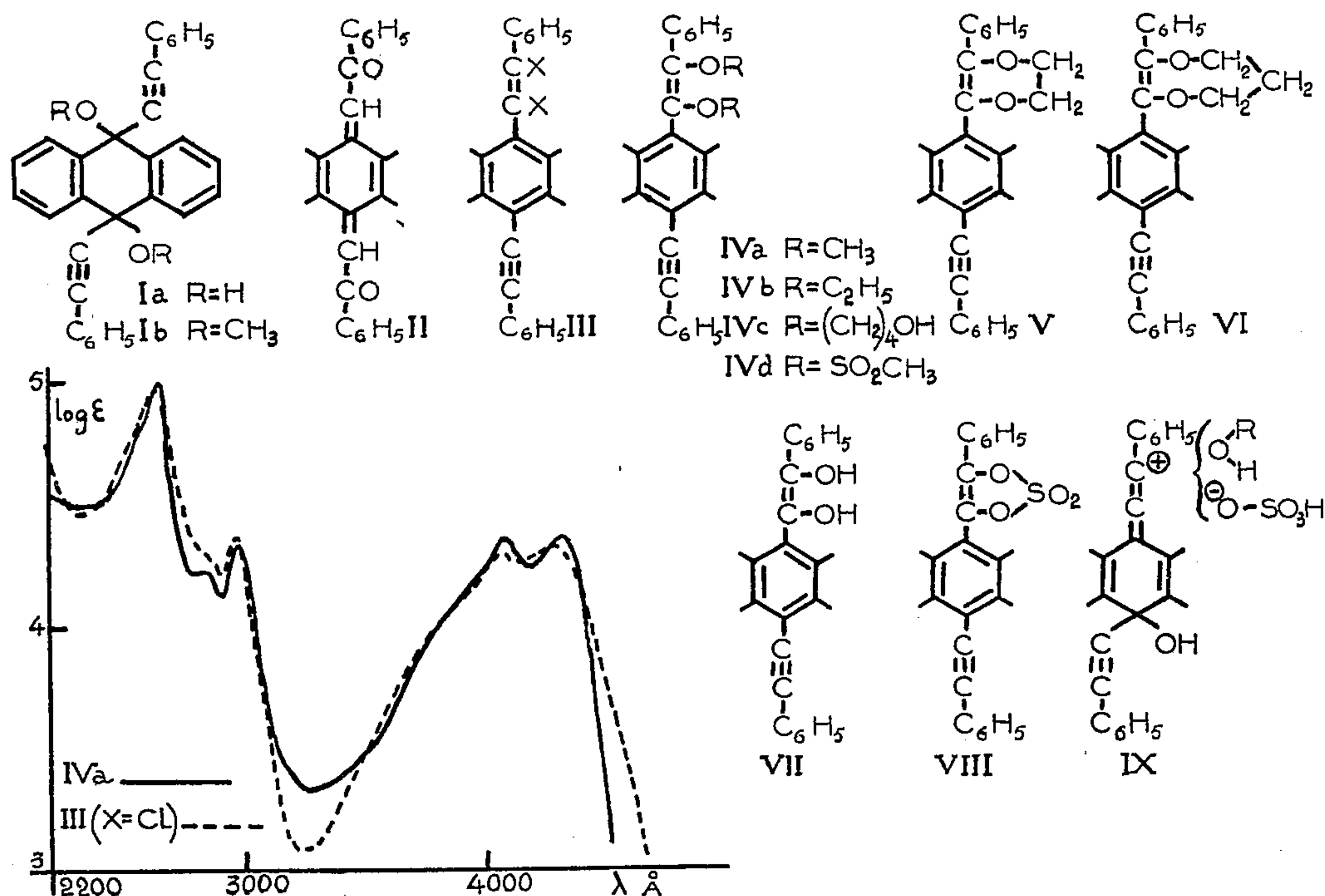
([5]) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 942; *Chem. Abs.*, 40, 853[9]; *Chem. Ber.*, 83, 1950, p. 99.

(*) Séance du 11 octobre 1954.

([1]) G. Rio, *Ann. Chim.* (12), 9, 1954, p. 207.

([2]) *Ber.*, 55, 1922, p. 819; C. Moureu, C. Dufraisse et C. Mackall, *Bl.*, 33, 1923, p. 934.

d'ailleurs incolores, obtenus dans des conditions plus douces ([3]). Ce sont très vraisemblablement des dialcoxystyryl-9 phényléthynyl-10 anthracènes, IV*a* et IV*b*.



Si cette structure IV est correcte, les diols doivent théoriquement pouvoir fournir des diéthers cycliques. C'est ce qui a lieu avec l'éthanediol et le propanediol-1.3, qui réagissent à température ordinaire. Le premier donne, avec un bon rendement, l'(éthylènedioxystyryl)-9 phényléthynyl-10 anthracène, V, $C_{32}H_{22}O_2$, F_{inst} 178-179°. Le second donne, avec un rendement beaucoup plus faible, le (triméthylènedioxystyryl)-9 phényléthynyl-10 anthracène, VI, $C_{33}H_{24}O_2$, à double fusion (161-162° et 164-165°).

Par contre, le butanediol-1.4 fournit un diéther acyclique, le [*bis* (hydroxy-4' butoxy) styryl]-9 phényléthynyl-10 anthracène, IV*c*, $C_{38}H_{36}O_4$, à double fusion (136-137° et 140-141°).

J'ai naturellement tenté de préparer l'ènediol VII, substance de base des diéthers IV, V et VI. Pour cela j'ai fait réagir à température ordinaire, sur le diquinol I*a*, l'acide sulfurique en un solvant non hydroxylé, le dioxane pur (2 % en volume). Contrairement à ce que j'attendais, il ne se forma pas d'ènediol, ni l'un des cétols isomères, mais l'ester sulfurique neutre de cet ènediol, VIII, c'est-à-dire le sulfonyldioxystyryl-9 phényléthynyl-10 anthra-

([3]) G. Rio, *Ann. Chim.*, *ibid.*, p. 187.

cène, $C_{30}H_{18}O_4S$, F_{inst} 179-180°. Ce même composé se forme aussi si l'on fait réagir SO_4H_2 en solution dioxanique sur le diéther méthylique normal, I*b*, du diquinol. Mais en opérant en solution dans le méthanol, on transforme, comme on pouvait s'y attendre, I*b* en son isomère IV*a*.

D'autres acides, minéraux et organiques, n'ont pas donné de diesters semblables au sulfate. J'ai pourtant obtenu le dimésyloxystyryl-9 phényl-éthynyl-10 anthracène, IV*d*, $C_{32}H_{24}O_6S_2$, F_{inst} 255-256°, en employant un acide se rapprochant de SO_4H_2, l'acide méthanesulfonique.

Le sulfate VIII est d'un type peu habituel. On connaît bien en effet des sulfates cycliques de diols-1.2 saturés et des sulfates cycliques d'ortho-diphénols ([4]), mais il ne semble pas qu'il existe, à ma connaissance, des sulfates d'ènediols autres que VIII.

Une preuve de la structure de ces corps est fournie par la grande similitude de leurs spectres avec ceux des dihalogénostyryl-9 phényléthynyl-10 anthracènes, III ([5]). Tous ces spectres comportent, dans l'ultraviolet, vers 2 630-2 650 Å, la bande habituelle des composés anthracéniques. Vers 2 980-3 000 Å, on observe une bande qui a été reconnue comme caractéristique, pour ce groupe de corps, de la présence d'une triple liaison en chaîne lalérale ([6]). Enfin, dans le visible, il y a deux bandes vers 4 050-4 120 Å et 4 280-4 350 Å.

Un mécanisme de formation des dérivés dihalogénés III a déjà été proposé ([1]). C'est par un processus semblable que doivent probablement être produits les diéthers et diesters IV, V, VI et VIII. Un des stades intermédiaires consisterait en la réaction d'un ion carbénium, IX, suivant le cas sur un alcool ROH ou sur l'anion $HO-SO_2-O^-$.

Remarquons que l'on n'a obtenu des corps cycliques que dans le cas de cycles à cinq, six ou sept chaînons. La cyclisation octogonale est certainement plus difficile à réaliser.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles données sur l'âge des « grès d'Allevard » (massif de Belledonne, Isère).* Note de MM. **Paul Corsin** et **A. C. Tobi**, transmise par M. Léon Moret.

Jusqu'à ces derniers temps, on n'avait que des arguments lithologiques et tectoniques pour déterminer l'âge des « grès d'Allevard ». Il s'agit de formations continentales souvent rougeâtres, en discordance nette sur le houiller ([1]). Aussi, M. Gignoux et L. Moret ([2]) furent-ils conduits à placer

([4]) G. O. Schenck et G. A. Schmidt-Thomée, *Liebigs Ann.*, 584, 1953, p. 199.
([5]) G. Rio, *Ann. Chim.*, *ibid.*, p. 247.
([6]) G. Rio, *Ann. Chim.*, *ibid.*, p. 254.

([1]) P. Lory, *Travaux Labor. Géol. Univ. Grenoble*, 7, fasc. 2, 1895.
([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 853.

cette série, soit dans le Trias inférieur, puisque sur ces couches reposent en concordance les dolomies et les cargneules du Trias, « soit bien plutôt dans le Permien supérieur », à cause de leur facies.

P. Gidon ([3]) fut le premier à trouver un fossile, un seul fragment de *Calamites cisti*, dans des « grès fins, gris noirâtre schistoïdes » affleurant sur le versant Est du Grand Rocher et appartenant à ces formations. En conséquence, il conclut que les grès d'Allevard représentent « une formation s'étendant sur à peu près tout le Permien ».

La rareté des fossiles dans ces couches s'explique surtout par la présence d'une fissilité souvent perpendiculaire à la stratification. Cette première a une forte pente dirigée vers l'Est, tandis qu'en général les couches plongent de 20° vers l'Ouest. Or, l'un de nous (A. C. T.) a réussi à trouver, dans un endroit où la stratification a une pente également orientée vers l'Est et faisant 30° environ avec la direction de la fissilité, une couche avec nombreuses empreintes de plantes. Cet affleurement est situé à 1760 m d'altitude à 1,3 km au Sud-Ouest du Grand Rocher. Peut-être s'agit-il de la même roche que décrit P. Gidon : un grès gris, argileux, à muscovite avec de très minces couches (d'une épaisseur de 0,2 à 2 mm environ) jaunâtres d'un grès un peu plus grossier. Grâce à ces derniers lits, de nature lithologique différente, la roche se fend parfois selon la stratification montrant ainsi des empreintes.

Les empreintes végétales, qui se trouvent sur les échantillons récoltés, sont de deux sortes : d'abord, on y voit de nombreuses feuilles de *Cordaites* qu'on ne peut malheureusement pas déterminer spécifiquement étant donné leur état fragmentaire, ensuite il y a un rameau de Conifère. Il s'agit là, soit de *Walchia* (*Lebachia* ou *Ernestiodendron*), soit plutôt de *Pseudovoltzia*, pour les raisons suivantes :

1° Les feuilles sont, sur cette empreinte, assez longues et peu serrées alors que chez *Walchia* elles sont, ordinairement, plus courtes et plus denses;

2° A côté des feuilles normales, attachées sur la tige, il y en a d'autres linéaires, très longues et étroites mais dont on ne voit pas nettement les relations avec les rameaux de cette Conifère. Cependant, à notre avis, ces deux sortes de feuilles appartiennent à la même plante. Or, c'est un caractère de *Pseudovoltzia*, comme de *Voltzia* d'ailleurs mais avec quelques autres différences, d'avoir sur la même tige des feuilles d'allure nettement dissemblable : les unes assez courtes et relativement peu serrées, les autres très longues et rectilignes.

Les *Cordaites*, que l'on trouve en abondance dans les terrains carbonifères, ne sont connues avec certitude que jusqu'au Permien inférieur. Les

([3]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 974.

Pseudovoltzia (et les *Voltzia*) sont des plantes qui apparaissent au Permien inférieur pour s'éteindre vers la fin du Trias. C'est donc au Permien inférieur (période d'existence commune des deux genres trouvés) qu'il faut rapporter la couche ayant livré ces fossiles.

On peut donc conclure que la formation des « grès d'Allevard » débute au Permien inférieur et il est permis de penser, avec P. Gidon, qu'étant donné son épaisseur au-dessus du niveau fossilifère, cette formation s'étend sur à peu près tout le Permien.

SISMOLOGIE. — *Sur les séismes récents de la région d'Orléansville (Algérie) et leurs rapports avec sa structure géologique.* Note de M. **Marius Dalloni**, présentée par M. Charles Jacob.

Les violents séismes qui viennent d'éprouver la région d'Orléansville (220 km à l'Ouest d'Alger) sont parmi les plus destructeurs qui aient jamais ébranlé l'Algérie, tant par la perte des vies humaines que par des dommages matériels encore incalculables. En attendant une étude détaillée du cadre géologique et des phénomènes naturels qui ont accompagné cet évènement (1), je me bornerai à en donner ici les caractéristiques essentielles.

La plaine du Chelif moyen, où sont situés la petite ville et quelques-uns des villages sinistrés, fait partie du chapelet des « dépressions sublittorales », qui s'étend de l'Est à l'Ouest entre l'Attlas tellien et la mer, emplacement d'un long détroit néogène qui s'est transformé, après la régression de la fin du Pliocène, en une série de cuvettes lacustres, puis en vallées comblées par les alluvions quaternaires.

La structure de cette zone septentrionale du Tell est relativement simple (2). Dans le sillon établi sur un substratum fortement disloqué aussitôt après le Cartennien (premier Étage miocène) et parfois en voie de subsidence rapide, se sont accumulés plusieurs milliers de mètres de sédiments marins, lagunaires ou continentaux; ce synclinal sépare les dernières ondulations de l'Atlas d'une petite cordillère littorale (Dahra, etc.), vestige d'un important massif montagneux dont l'effondrement, sous les eaux de la Méditerranée est de date géologiquement récente (3). La partie supérieure du complexe est elle-même affectée de nombreux accidents : les dépôts villafranchiens, bien représentés à la lisière de la plaine et dans

(1) Elle paraîtra prochainement dans le *Bulletin du Service de la Carte géologique de l'Algérie*.

(2) M. Dalloni, *Monogr. du Congrès géologique international*, XIXe session, Alger, 1952. *Voir* aussi les travaux de A. Brives, L. Glangeaud, etc.

(3) L'isobathe de 2 500 m passe très près de la côte actuelle, un peu au Nord de Ténès.

les « Montagnes Rouges » d'Orléansville sont très inclinés, les couches fluviatiles ainsi que celles des « plages émergées » du Pléistocène ancien et supérieur étant souvent déformées et hachées de fractures avec traces nettement visibles sur les berges du Chelif comme sur le rivage. Il n'est donc pas douteux que la région tout entière a été, à maintes reprises et dans un passé très proche de nous, agitée par les mouvements posthumes de l'orogénèse alpine dans cette aire encore instable du bassin méditerranéen.

Ainsi s'expliquent la fréquence et l'intensité des séismes qui s'y succèdent. Celui de Cavaignac (1922), dont, à l'époque, j'avais, avec A. Brives, entretenu l'Académie (1), avait été surtout ressenti près de la côte, où dominent les marnes et les grès du Miocène inférieur, tandis qu'en 1934 le tremblement de terre de Carnot a particulièrement affecté une zone plus méridionale, où affleurent largement des formations plus jeunes (Miocène moyen et supérieur ou Pliocène) : le déplacement dans la même direction s'est prononcé lors des séismes récents d'Orléansville, dont la région précédente n'a guère subi que le contre-coup. Cette migration progressive des épicentres vers le Sud, que rien ne faisait prévoir, révèle que sur toute sa largeur, l'aire séismique comprenant la plaine du Chélif et les côteaux tertiaires qui la bordent peut devenir dangereuse.

L'ébranlement, dont l'axe paraît suivre le lit de la rivière entre Orléansville et le barrage de Pontéba, a été d'une amplitude exceptionnelle du Nord au Sud, si l'on en juge par les effets désastreux des secousses dans les localités les plus atteintes. Les premières observations sur le terrain portent à admettre un mouvement vertical de la zone pléistoséiste, dont une partie s'est nettement affaissée. Dans une large auréole qui va de la mer aux premiers contreforts de l'Atlas et s'étend de l'Est à l'Ouest sur une centaine de kilomètres, les dislocations indiquées par les cartes géologiques ont manifestement influencé le sens de la propagation et l'intensité locale des secousses; celles-ci ont provoqué à la surface de nombreux accidents qui sont en cours de rencensement : formation de véritables faisceaux de fissures avec dénivellations notables, glissement des couvertures argilo-marneuses sur les versants abrupts, éboulement de grands pans rocheux sur les pentes, disparition ou émergence de points d'eau, etc. Les constructions ont subi le maximum de dégâts sur les terrains mous, sans consistance, du Tertiaire et sur les alluvions; la présence, sous les marnes pliocènes, des gypses sahéliens, a facilité la fissuration et le bossellement du sol superficiel.

---

(1) *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 527.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur le mécanisme de la congélation de l'eau dans les nuages.*
Note de M[lle] **Maud Bayardelle**, présentée par M. Charles Maurain.

Certains météorologistes anglais ont récemment supposé que la congélation de l'eau surfondue entre — 20 et — 40°C pouvait être attribuée à la structure même de l'eau. L'évolution au cours du temps de la température de congélation de gouttes d'eau surfondue ne permet pas de retenir cette hypothèse.

Jusqu'à ces dernières années, on s'accordait à penser que la congélation de l'eau surfondue était due à la présence de noyaux dits de « congélation ». Cependant des travaux théoriques récents ([1]) ont permis de montrer que la durée de persistance à l'état liquide d'une goutte d'eau était très petite aux températures inférieures à une température critique voisine de — 40° C. Par suite, à ces températures, la congélation apparaît spontanément en un temps très court, et l'eau ne peut exister à l'état liquide : la congélation, dans ce cas apparaît donc comme liée à la structure même de l'eau, et non aux noyaux qu'elle contient.

En s'appuyant sur la variation de la température de congélation de l'eau, en fonction de la vitesse de refroidissement, Bigg ([2]) a montré que la durée de persistance à l'état liquide aux températures de — 20 à — 30° obéissait à une loi analogue à celle que la théorie prévoit pour les températures voisines de — 40°. Il a cru pouvoir généraliser le phénomène de congélation spontanée, et admettre que la congélation entre — 20 et — 40°C n'était pas déterminée par la présence de noyaux.

Dans cette hypothèse, la température de congélation d'une goutte d'eau donnée doit demeurer invariable, puisqu'elle est uniquement déterminée par la structure de l'eau, les substances dissoutes qu'elle contient, et éventuellement la forme et les dimensions de la goutte ([3]). On doit s'attendre cependant à ce qu'elle présente des fluctuations, puisque la théorie exige que la durée de persistance à l'état liquide présente à chaque température le caractère d'une variable aléatoire.

Pour vérifier cette hypothèse, des gouttes d'eau préparées par double distillation ont été déposées à la surface de séparation de mercure et d'huile de silicone préalablement nettoyés, respectivement par distillation sous vide et par filtration sur filtre en verre fritté.

On constate, ainsi que le montre le tableau ci-dessous, que dans ces conditions, la température de congélation s'abaisse progressivement à mesure que des congélations successives interviennent, conformément

([1]) B. J. Mason, *Quart. J. Met. Soc.*, 78, 1952, p. 22.

([2]) *Quart. J. Met. Soc.*, 79, 1953, p. 510.

([3]) Heverly, *Trans. Am. Géophys. Union*, 30, 1948, p. 205.

à ce qu'avait montré antérieurement W. Rau ([4]). Mais les fluctuations de la température de congélation, qu'on observe effectivement, ne permettent de mettre ce résultat en évidence qu'en opérant sur des moyennes assez étendues pour que leurs effets s'atténuent de façon notable.

1.	2.	3.	4.	5.
— 24°,4	— 18°,5	— 23°,6	— 22°,2	— 21°,2
— 25,3	— 18,9	— 22,3	— 27,3	— 22,8
— 28,7	— 24,4	— 28,5	— 29,3	— 23,9
— 30,6	— 24,6	— 28,5	— 30,7	— 26,6
–	–	–	–	— 25,4
–	–	–	–	— 28,3

Chaque colonne du tableau correspond à une goutte différente et dans chaque ligne figure la température moyenne de congélation établie en prenant la moyenne de 10 mesures consécutives effectuées à 24 h d'intervalle; la première ligne correspond aux 10 premières mesures, la seconde aux 10 suivantes, etc.

Par suite le mécanisme proposé par Bigg apparaît comme impossible à soutenir. Ces expériences s'interprètent par contre aisément si on suppose que les noyaux sont les éléments déterminants de la congélation. L'abaissement du point de congélation en fonction du temps provient alors de la sédimentation des noyaux. Les noyaux les plus gros, qui dans l'hypothèse classique sont les plus actifs, disparaissent les premiers par gravité, et la température de congélation n'est plus alors déterminée que par l'existence, au sein de la goutte, de très petits noyaux, qui sont maintenus à l'intérieur de la goutte par agitation thermique.

En résumé, aux températures comprises entre — 20 et — 30° qu'on rencontre habituellement dans l'atmosphère, le comportement des gouttes d'eau ne s'accorde pas avec un mécanisme de congélation spontanée. Par contre il n'est nullement en contradiction avec le rôle des noyaux de congélation.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les propriétés décarboxylantes des Liliacées. Organes végétatifs.* Note de Mlle **Marie Goas**, présentée par M. Raoul Combes.

Chez les Liliacées, en général, la feuille adulte présente les propriétés décarboxylantes les plus élevées; les organes de réserve ont une activité nulle ou pratiquement négligeable.

L'étude des propriétés décarboxylantes, vis à vis de l'acide mésoxalique, de *Fritillaria Meleagris* L, nous a permis de constater que seule, parmi

([4]) *Schrift Deutsch. Akad. Luft.*, 8, 1944, p. 65.

les organes végétatifs, la feuille est douée d'un pouvoir décarboxylant marqué ([1]). Nous nous sommes proposée de rechercher si ce caractère, qui est en rapport avec la présence de composés à fonction thiol, se retrouve chez d'autres représentants de la famille des Liliacées. La détermination de la valeur mésoxalique ([2]) a été effectuée sur des organes prélevés au cours de la vie latente (tableau I) et pendant la période de vie active du végétal, au moment de la floraison (tableau II).

TABLEAU I.

	Valeurs mésoxaliques.				
	Plateau			Ecailles, tuniques ou rhizome.	Feuilles.
Espèces étudiées	entier.	Zone périphérique.	Zone centrale.		
Lilium candidum L.	2,6			0,9	6,6
Tulipe Maréchal Joffre	5,7	5,7	2,9	0,7	10,4
Tulipe progression		7,7	3,0	1,5	8,2
Tulipe Diane		6,0	3,5	0,8	6,4
Endymion campanulatus Parl.		4,8	0,5	0	4,7
Scilla sibirica Andr.	4,7			0	7,1
Jacinthe de Holl., l'Innocence	3,1			0,5	5,0
Muscari armeniacum Lechtl.	1,4			0,4	3,8
Muscari botryoides Mill.		2,8	1,9	0	4,0
Hosta cærulea var. *undulata* Aschers et Gr.				2,7	12,0
Hosta Sieboldiana var. *Fortunei* Voss				1,6	11,4
Hemerocallis flava L.				1,0	5,1
Polygonatum multiflorum All.				0	5,4
Convallaria maialis L.				2,0	8,0

TABLEAU II.

	Valeurs mésoxaliques.			
Espèces étudiées	Plateau.	Racines.	Ecailles, tuniques ou rhizome.	Feuilles.
Endymion campanulatus Parl.	3,1	4,5	0	12,0
Jacinthe de Holl., l'Innocence	4,9	6,4	1,5	8,0
Muscari botryoides Mill.	0,7	0,7	0	11,3
Muscari armeniacum Lechtl.			0	6,7
Polygonatum multiflorum All.			1,5	19,0
Convallaria maialis L.				18,4

([1]) Communication, VIII[e] Congrès inter. Bot., Paris juin 1954.
([2]) Communication G. Brunel-Capelle, VIII[e] Congrès inter. Bot., Paris juin 1954.

L'examen comparé des résultats consignés dans les tableaux I et II permet quelques remarques d'ordre général :

— L'activité décarboxylante des organes de réserve, qu'il s'agisse de tuniques d'écailles ou de rhizomes est nulle ou pratiquement négligeable; elle se révèle indépendante de l'état physiologique du végétal.

— Lorsque l'organe de réserve n'est pas totalement dépourvu de propriétés décarboxylantes, sa valeur mésoxalique reste néanmoins toujours inférieure à celle de la feuille.

— Chez les Liliacées à bulbe, avant la mise en végétation, le plateau présente une certaine activité décarboxylante. La valeur mésoxalique de la zone périphérique, qui possède les points végétatifs des racines, peut atteindre jusqu'à deux fois et plus, celle de la partie centrale. Il semble qu'il existerait un rapport entre l'activité décarboxylante et la présence de ces tissus méristématiques.

— Enfin, parmi les organes végétatifs, la feuille présente le pouvoir décarboxylant le plus élevé, quelle que soit la période considérée.

Au cours du cycle de développement et pour chaque espèce, la valeur mésoxalique de la feuille verte passe par un maximum (tableau III).

TABLEAU III.

Espèces étudiées.	Valeurs mésoxaliques de la feuille			
	Avant élongation de l'axe d'inflor.	Influorescences.		Fruits développés.
		en boutons.	en fleurs.	
Endymion campanulatus Parl.....	8,9	10,6	12,3	6,9
Convallaria maialis L.............	11,3	13,4	18,4	11,0
Muscari neglectum Guss...........	15,7	4,4	4,4	2,7
Scilla autumnalis L...............	9,8		7,2	13,7

Ce maximum ne se place pas au même stade évolutif pour les plantes envisagées. Il coïncide avec l'état adulte de l'organe assimilateur qui est atteint : à la floraison pour *Endymion campanulatus* Parl. et *Convallaria maialis* L. ; en automne, avant toute élongation de l'axe d'inflorescence, pour *Muscari neglectum* Guss. dont les bulbes avaient été conservés, toute l'année, en pleine terre ; après la floraison pour *Scilla autumnalis* L. Pour cette espèce, la valeur mésoxalique de la feuille reste constante pendant toute la période végétative.

Il faut noter que l'activité mésoxalique de la feuille est susceptible d'amples variations suivant les espèces considérées ; une étude en cours permet de donner comme valeurs extrêmes, 1,5 pour *Lilium Henryi* Bak. et 19 pour *Polygonatum multiflorum* All.; pour les Liliacées examinées, on ne peut établir de relation entre valeur mésoxalique et position systématique des espèces.

HISTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Variation du degré de polymérisation de la cellulose chez trois Monocotylédones.* Note de M. **Bernard Montuelle**, présentée par M. René Souèges.

Le degré moyen de polymérisation de la cellulose dans les premiers stades de la vie s'accroît d'abord rapidement pendant que la plante utilise les réserves du caryopse, puis diminue légèrement ensuite. L'étude comparée de ce phénomène pour des végétaux étiolés d'une part, et développés à la lumière naturelle d'autre part, ne montre pas de différences importantes de comportement.

Les déterminations du degré de polymérisation de la cellulose dont nous étudions les variations dans l'appareil végétatif au cours du développement de trois Monocotylédones (Blé, Seigle, Avoine) ont été effectuées en utilisant les techniques habituelles.

L'isolement de la cellulose a été obtenu par désintégration mécanique des végétaux, suivie d'extractions successives à l'alcool-benzène et à l'éther; l'ébullition avec l'oxalate d'ammonium après action prolongée de l'ammoniaque étendue à froid dissout les matières pectiques, le chlorite de sodium enfin [1], en détruisant la lignine, permet d'aboutir à un résidu constitué par de l'holocellulose. Celle-ci est dissoute dans la cupriéthylène-diamine et les mesures de degré moyen de polymérisation sont faites par viscosimétrie [2].

Nous avons fait germer au laboratoire sur coton hydrophile deux groupes de caryopses de ces trois végétaux, le premier à l'obscurité constante et le second à la lumière naturelle. Pendant toute la durée de l'expérience, nous ne fournissons que de l'eau. En appelant jour 0 celui de la mise en germination, le prélèvement des échantillons est effectué en sectionnant la plantule juste au-dessus du caryopse, les jours 4, 7, 11, 14, 18, 25 pour le Blé et le Seigle, et les jours 5, 8, 12, 15, 18, 25 pour l'Avoine, en tenant compte ainsi du léger retard de croissance provenant d'une germination plus lente.

A l'obscurité, il est possible de distinguer deux stades. Dans une première phase qui dure 11 jours pour le Blé, 12 jours pour l'Avoine, 18 jours pour le Seigle, le degré moyen de polymérisation croît d'une façon assez régulière (Blé : 413, 733, 1095; Avoine : 466, 630, 913; Seigle : 473, 600, 721, 817, 1053); en 10 jours, le degré moyen de polymérisation a doublé : c'est la période pendant laquelle la plante utilise les glucides du caryopse pour synthétiser la cellulose; le maximum correspond au moment où les

---

(1) L. E. Wise, M. Murphy et A. A. d'Addieco, *Paper Trade J.*, 122, 1946, n°s 2-35.

(2) Détermination de la viscosité intrinsèque de la cellulose; degré de polymérisation moyen viscosimétrique. (*Normes Françaises*, 12-005, mars 1953).

réserves sont épuisées. La seconde phase commence alors et l'on assiste à une diminution de la valeur du degré moyen de polymérisation (Blé : 1095, 895, 826, 836; Avoine : 913, 800, 760, 772; Seigle : 1053, 846) qui traduit une élaboration de cellulose à degré moyen de polymérisation plus faible que celle précédemment formée ou peut-être la dépolymérisation de la cellulose existante.

A la lumière, le degré moyen de polymérisation varie de la même façon (phase ascendante et phase descendante). On peut cependant remarquer, d'une part, que, pendant la première phase, les valeurs du degré moyen de polymérisation des plantes cultivées à la lumière sont inférieures à celles des plantes étiolées (Blé : 386, 550, 720, 869; Avoine : 520, 564, 771, 850; Seigle : 393, 560, 712, 760, 888), d'autre part, que le maximum du degré moyen de polymérisation se produit plus tard chez les premières que chez les secondes, au moins chez le Blé (14e jour) et l'Avoine (15e jour). Ces résultats sont vraisemblablement imputables à l'inhibition apportée par la lumière sur la germination de la plante et l'utilisation des réserves glucidiques du caryopse. Après avoir atteint un maximum, le degré moyen de polymérisation des plantes normales décroît également (Blé : 869, 796, 720; Avoine : 850, 810; Seigle : 888, 728). Nous avons attribué cette diminution dans la deuxième phase de la croissance des plantes étiolées à un épuisement des réserves, il n'est plus possible d'expliquer ainsi le même phénomène chez les plantes normales puisque la synthèse chlorophyllienne doit fournir les glucides lorsque le caryopse n'est plus en mesure de le faire. On peut donc penser qu'au moment où les réserves sont épuisées, la jeune plantule n'est pas encore en mesure de synthétiser, à partir des produits de l'assimilation chlorophyllienne, dans les conditions expérimentales définies, des chaînes glucidiques aussi longues que celles précédemment formées. Au bout d'un certain temps, l'assimilation chlorophyllienne devenant plus active, le degré moyen de polymérisation a tendance à augmenter de nouveau (15 jours : 850; 18 jours : 810; 25 jours : 859) chez l'Avoine où un maximum plus précoce détermine une augmentation de la durée de la période qui le suit.

Les phénomènes sont identiques pour les trois végétaux. Il existe, dans nos expériences, une similitude de variation du degré moyen de polymérisation de l'holocellulose entre les plantes cultivées à la lumière et les plantes étiolées. Le degré moyen de polymérisation s'élève d'abord à mesure que la plante vieillit, puis décroît sensiblement. Ceci nous amène à considérer l'existence de deux phases dans la vie des plantules soumises à nos expériences.

Nous nous proposons de préciser ultérieurement les relations de ces deux phases avec le métabolisme particulier existant ici et avec celui des plantes cultivées dans des conditions plus courantes de nutrition.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la structure du noyau chez les Basidiomycètes.* Note de Mme **Panca Heim**, présentée par M. Roger Heim.

Chez les Basidiomycètes il ne paraît exister aucune relation entre la structure nucléaire et la position systématique occupée par le genre. Le noyau comporte sur un fin réseau un nombre de chromocentres correspondant à celui des chromosomes et il existe une relation inverse entre l'importance du réticulum et la taille de ces chromocentres. On note une homogénéité caryologique dans les noyaux de même taille.

Si dans un certain nombre de végétaux supérieurs, il existe, selon les caryologistes modernes, un rapport entre la structure du noyau et la place que les espèces occupent dans la classification, on ne distingue dans le vaste groupe des Basidiomycètes aucune relation entre l'organisation du noyau et l'ordre, la famille ou le genre auquel l'espèce appartient. Par contre, il y a une homogénéité caryologique presque totale dans les noyaux de même taille, qu'il s'agisse d'une forme évoluée à organisation complexe ou d'une forme primitive où s'ébauche à peine une différence de tissus.

Nous pouvons résumer, en effet, le résultat de nos observations sur la structure du noyau dans un très grand nombre de Basidiomycètes appartenant à tous les groupes. La connaissance de cette structure, encore mal connue et qui n'a fait jusqu'ici l'objet d'aucun examen général, nous a amenée à tirer les conclusions que nous venons d'exprimer.

Dans le noyau des Basidiomycètes, la chromatine est disposée en un réseau porteur de granules ou chromocentres, de diverses tailles, plus ou moins modifiés et chromophiles. Ces granules sont reliés par des filaments chromatiques faiblement teintés.

Les différences dans l'aspect structural résident dans l'importance que ces éléments coexistants, réseau et chromocentres, prennent l'un au détriment de l'autre.

Dans les noyaux de petite taille, qui ne dépassent guère 2 μ, dans les filaments mycéliens, dans certaines spores, etc., les chromocentres, uniformément et fortement colorés, granuleux, renferment à eux seuls presque tout l'élément chromatique, mis à part les tractus qui les relient. Ces éléments, qu'on peut facilement considérer presque comme des chromosomes qui se sont conservés sans subir de modifications sensibles, sont, en général, en même nombre que celui des chromosomes de l'espèce considérée, parfois inférieur à celui-ci, mais jamais supérieur.

Dans les noyaux de taille plus élevée, 3 à 4 μ, noyaux de la zone sous-hyméniale, les noyaux sexuels, les noyaux des poils et des cystides qui accompagnent les basides, dans les noyaux des spores, etc., la structure est voisine de celle du noyau de la baside. Les chromocentres, plus détendus, ont subi certaines transformations au profit du réseau qui devient plus

apparent. Le processus se continue dans le noyau de la baside où la cavité plus élargie permet aux chromocentres de s'étaler davantage.

Dans le noyau de la baside d'*Auricularia*, qu'on place au bas de l'échelle évolutive et où l'appareil reproducteur est peu distinct du mycélium végétatif, dans plusieurs Agaricacées, dans *Lycoperdon*, etc., considérés comme des champignons supérieurs où le noyau atteint à peine 4 μ, on retrouve la même structure à chromocentres plus allongés, peu modifiés, presque uniformément colorés et reliés par des filaments chromatiques. Ces éléments, ainsi que le nucléole, baignent dans un nucléoplasme peu teinté.

Dans les basides, où la taille des noyaux oscille entre 4 et 5 μ, type très répandu dans l'ensemble des Basidiomycètes, la déchromatinisation est beaucoup plus poussée, les contours des chromocentres deviennent irréguliers, ils sont moins colorables et leur taille diminue. Leur nombre peut se conserver parfois, mais il finit par s'estomper au fur et à mesure que le réseau devient plus important. Dans certains noyaux, les chromocentres ne sont presque plus discernables (*Gomphidius roseus*, divers *Cortinarius*, *Inocybe*, *Hebeloma*, etc.) et l'élément filamenteux devient presque exclusif. Dans les noyaux de grande taille, 5 à 7 μ, la seule différence qu'on peut noter consiste dans un faible accroissement de la densité du réseau dans les espèces où le nombre chromosomique est plus élevé. Par ce fait, les champignons se distinguent des plantes supérieures où, à des nombres chromosomiques identiques et à taille égale des noyaux, correspondent des caryotypes distincts. Dans ces dernières, les différences de structure se rencontrent surtout dans la taille des chromosomes, leur longueur et leur largeur.

Enfin, toujours parmi les noyaux de grande taille, on en trouve certains qui sont apparemment pauvres en chromatine. Le réseau y est faiblement coloré, les chromosomes très petits comme le sont les quatre noyaux-fils issus de la division du noyau de la baside. Ces noyaux se retrouvent dans des espèces qui n'ont aucune affinité et qui occupent des places très différentes dans la classification (*Cyphella*, *Sarcodon*, *Mucidula*, etc.).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les propriétés singulières du principe cyanogénétique des feuilles du* Ribes fasciculatum *Sieb. et Zuc.* Note de M. **Georges Dillemann**, présentée par M. Raoul Combes.

Les feuilles du *Ribes fasciculatum*, soumises à divers traitements en vue de libérer l'acide cyanhydrique qu'elles sont capables de fournir, se comportent d'une façon tout à fait différente de celles des plantes à hétéroside cyanogénétique. L'acide cyanhydrique ne paraît pas libéré par hydrolyse enzymatique mais soustrait à une molécule complexe par l'action de la chaleur.

Les seuls principes cyanogénétiques de constitution connue qui, jusqu'à présent, ont été isolés à l'état pur des végétaux sont des hétérosides, composés capables, par hydrolyse enzymatique, de se scinder en acide cyanhydrique, un ou plusieurs sucres et une troisième substance le plus souvent à fonction aldéhydique ou cétonique.

Lorsque dans une plante un hétéroside cyanogénétique est accompagné d'un enzyme spécifique, ce qui est le cas habituel, il suffit de broyer ses tissus en présence d'eau pour obtenir plus ou moins rapidement une libération de l'acide cyanhydrique combiné, que l'on peut alors recueillir en l'entraînant par aération ou par distillation.

Ainsi, par exemple, après broyage de feuilles de Laurier-Cerise en présence d'eau, il est possible d'entraîner l'acide cyanhydrique libéré, aussi bien par aération que par distillation. Si la distillation est effectuée immédiatement après le broyage, il peut être entraîné 70 à 90 % de l'acide total, l'hydrolyse étant très rapide par suite de l'activité intense de l'enzyme. Cependant, la température mortelle de l'enzyme a été atteinte avant la température d'ébullition et ainsi l'hydrolyse a été arrêtée. Si l'on veut achever le dédoublement de la fraction inchangée de l'hétéroside, il est nécessaire d'ajouter une certaine quantité d'émulsine et de la laisser agir pendant un temps suffisant à une température convenable. Une nouvelle distillation permet alors d'entraîner l'acide cyanhydrique qui vient d'être ainsi libéré.

Par ailleurs, si les feuilles de Laurier-Cerise sont broyées, non plus en présence d'eau distillée, mais au sein d'une solution aqueuse d'acide tartrique à 5 %, on constate que l'hydrolyse ne s'effectue que dans une très faible proportion et l'on ne peut recueillir par distillation que moins de 5 % de l'acide entraîné après broyage en présence d'eau. De même, si les feuilles entières sont plongées brusquement dans de l'eau à l'ébullition, la distillation qui suit ce traitement ne permet de recueillir que moins de 10 % de cette même quantité.

Le principe cyanogénétique des feuilles du *Ribes fasciculatum* se comporte d'une façon tout à fait différente. Ainsi, lorsque 25 g de ces feuilles fraîches, entières ou broyées, introduites dans un ballon distillatoire avec 250 cm^3 d'eau distillée froide, sont soumises à une distillation, on constate que de l'acide cyanhydrique est entraîné par la vapeur d'eau. Mais, alors qu'il suffit d'obtenir 100 cm^3 de distillat pour recueillir tout l'acide libéré par un même poids de feuilles de Laurier-Cerise, au moins aussi riches en principe cyanogénétique que celles de ce Groseillier, avec ces dernières, il est nécessaire de poursuivre la distillation jusqu'à obtention d'au moins 500 cm^3 de distillat pour entraîner tout l'acide libérable. Les résultats sont d'ailleurs les mêmes, que la distillation soit effectuée en une seule fois ou reprise après interruption.

Si la distillation est interrompue, par exemple après avoir recueilli 100 cm³ de distillat, et si l'on fait passer alors un courant d'air dans le liquide resté dans le ballon, on constate qu'il n'y a pas d'entraînement appréciable d'acide cyanhydrique, ce qui prouve l'absence de cet acide à l'état libre. Si l'on reprend la distillation, de l'acide cyanhydrique passe cependant à nouveau dans le distillat.

D'ailleurs, il n'a jamais pu être possible de recueillir de l'acide cyanhydrique par aération, que ce procédé soit appliqué à une macération de feuilles fraîches de *Ribes* broyées dans l'eau, immédiatement ou après quelques heures, ou à des feuilles entières soumises à l'action de la vapeur de toluène.

En outre, après broyage de ces feuilles dans une solution aqueuse d'acide tartrique à 5 % ou après leur immersion brusque dans l'eau bouillante, la distillation, poursuivie assez longtemps, permet de recueillir sensiblement les mêmes quantités d'acide cyanhydrique que celles obtenues après broyage dans l'eau froide.

Tous ces faits paraissent indiquer que l'acide cyanhydrique n'est pas libéré du principe contenu dans les feuilles du *Ribes fasciculatum* par une réaction enzymatique mais qu'il est mis en liberté sous l'action de la chaleur. Dans ces conditions, la distillation n'agirait pas seulement pour entraîner l'acide, mais l'élévation de température qu'elle nécessite provoquerait la décomposition d'une molécule complexe avec libération d'acide cyanhydrique. On est donc ici en présence d'un cas particulièrement net de ce que l'on a appelé l' « acide cyanhydrique labile » par opposition à l' « acide cyanhydrique hétérosidique » pouvant seulement être libéré par hydrolyse enzymatique ou acide.

Si l'on n'a jamais pu encore déterminer d'une façon certaine la nature des principes qui peuvent renfermer de l'acide cyanhydrique labile, différents auteurs ont émis l'hypothèse qu'il pouvait s'agir de cyanhydrines d'aldéhydes ou de cétones non engagées dans une molécule d'hétéroside. Finnemore et Large (1) ont pu isoler d'une Légumineuse, le *Goodia lotifolia* Salisb., un principe brut qu'ils ne sont pas parvenus à purifier et qu'ils pensent être la cyanhydrine de l'aldéhyde *p*-hydroxybenzoïque. Dans ce cas, d'ailleurs, il s'agirait d'un glucoside, mais dans lequel la liaison hétérosidique avec le glucose s'effectuerait par le groupement phénolique, et n'intéresserait donc pas le groupement nitrile fixé à l'oxhydrile en position *para*.

Des essais d'isolement du principe cyanogénétique du *Ribes fasciculatum*, entrepris avec H. Herissey, ont été infructueux jusqu'à présent par suite

(1) *J. Proc. roy. Soc. New South Wales*, 70, 1936, p. 440-451.

de sa grande labilité. C'est cependant seulement par son isolement et la détermination de sa constitution que pourrait être expliqué le mode de libération de l'acide cyanhydrique.

PÉDOLOGIE. — *Essai d'ammonification et de nitrification de différents humus forestiers.* Note de M. **Philippe Duchaufour**, présentée par M. Albert Demolon.

Dans un travail antérieur [1], nous avons étudié la minéralisation à l'étuve des humus forestiers eux-mêmes; il s'agit ici d'une étude de l'action ammonifiante et nitrifiante de ces mêmes humus, sur une substance organique (peptone), qui leur a été incorporée au taux de 3 ‰, ce qui représente une addition d'azote de 45 mg pour 100 g de terre.

Nous avons opéré sur de gros volumes de terre (300 à 500 g), bien homogénéisée et non tassée, humidifiée à 60-70 % de l'humidité équivalente, et placée dans des bacs en matière plastique couverts. La hauteur de la couche d'humus n'excède pas 2 cm, alors que celle du récipient est de 10 cm, ce qui permet une parfaite aération, tout en maintenant l'humidité du sol. L'ensemble est laissé 15 jours environ, à l'étuve à 30°. Tous les jours, on prélève 10 à 20 g de l'échantillon, après brassage léger, et on dose l'azote ammoniacal, puis l'azote nitrique, par la méthode de déplacement par $CaCl_2N$, distillation en présence de MgO, et réduction des nitrates par l'alliage Dewarda (méthode Drouineau). Le taux d'humidité est en même temps vérifié, les résultats étant rapportés à la terre sèche.

On peut ainsi construire des courbes caractéristiques de l'ammonification et de la nitrification des types d'humus envisagés.

Les humus étudiés proviennent des environs de Nancy (forêts de Haye, Blainville), sur roche-mère calcaire ou alluviale, et des Vosges, sur grès vosgien ou granite. Les types ont été classés en Mull calcique, Mull type, Mull acide; Mor à horizon Ao de matière organique peu décomposée. Enfin, l'humus de l'horizon B d'un podzol humique vosgien a été comparé au Mor du même sol.

Résultats obtenus. — Pour tous les humus, les courbes, très régulières, présentent la même allure : La minéralisation est très rapide les deux premiers jours; puis elle progresse lentement; le maximum d'azote minéral (ammoniacal + nitrique) est atteint, le plus souvent, du 9e au 11e jour. S'il y a nitrification, le maximum d'activité nitrifiante survient évidemment plus tard (15e jour) que celui de l'ammonification, qui s'observe vers le 3e ou 4e jour.

(1) P. Duchaufour, *Ann. Éc. Nat. Eaux et Forêts*, 13, 1953, n° 2.

Un certain nombre de témoins ont été mis à minéraliser, sans addition de peptone : on a pu ainsi comparer la minéralisation de l'humus lui-même à celle de la peptone. Pour ces témoins, l'azote ammoniacal et l'azote nitrique ont été dosés simultanément.

Le tableau suivant donne le maximum d'azote minéral libéré et sa répartition en azote ammoniacal et nitrique.

Type d'humus.	Caractéristiques de l'humus			Maximum d'N minéral (*) libéré.			N minéralisé (*) par le témoin (sans peptone).
	pH.	Mat. organ. (%).	$\frac{C}{N}$.	N. amm.	N. nitr.	Total.	
Mull calcique 1	8	13,6	13	27,1	24,1	51,2	8,4
» » 2	7,5	9,8	16	18,5	23,1	41,6	–
» type	5,5	9,7	16	52,1	3,4	55,5	7,3
» acide 1	5	6,1	21	39,3	3,2	42,5	6,5
» » 2	5	9,3	23	44,3	2	46,3	–
Mor 1	4,2	55,9	31	52,2	2,7	54,9	–
» 2	3,9	41,3	43	53,3	5,9	59,2	15,1
Horizon B humique	4,9	16,8	38	42,7	2	44,7	–

(*) En milligrammes pour 100 grammes de sol sec.

Discussion et conclusion. — 1° Si on compare les courbes N minéral (ammoniacal + nitrique) des différents types d'humus, on est frappé par l'analogie remarquable des courbes obtenues, pour tous les humus forestiers : l'activité minéralisatrice des Mull calciques n'est pas supérieure à celle des humus bruts, elle est même souvent plus faible.

2° La nitrification est presque nulle pour tous les humus acides. En ce qui concerne les Mull calciques, elle reste faible et très progressive par rapport aux sols agricoles.

3° Pour aucun des humus forestiers étudiés, l'activité minéralisatrice ne libère sensiblement plus d'azote que la somme : azote minéralisable à l'étuve plus azote de la peptone ajoutée. Il n'y a donc pas à proprement parler d'« activation », se traduisant par une augmentation de l'azote minéralisable de l'humus.

4° L'activité ammonifiante de l'humus de l'horizon B du podzol n'est pas beaucoup plus faible que celle de l'horizon A_0. Cependant, une étude antérieure a montré la faible minéralisation à l'étuve de cet humus profond (que nous avons qualifié d'humus inerte), par rapport aux horizons de surface.

Cette faible activité ne semble donc pas due à l'absence de germes ammonifiants, mais à la nature même des composés humiques en jeu.

PHYSIOLOGIE. — *Action des protéines et de certains acides aminés alimentaires sur la survie de rats surrénalectomisés. Protection de ces rats contre l'effet léthal de l'inanition protéique par la cortisone.* Note de M. **Alexandre Aschkenasy** [1], présentée par M. Robert Courrier.

Cette Note montre que l'apport alimentaire de protéines est indispensable à la survie de rats surrénalectomisés, à moins que ces rats ne reçoivent de la cortisone; ensuite que parmi les acides aminés dont l'apport est nécessaire à ces animaux, la méthionine occupe la première place.

Technique expérimentale. — 1. Dans une première étude, 114 rats des deux sexes, de 150 g, sont soumis 8 jours après une surrénalectomie bilatérale à des régimes comportant des proportions différentes de protéines : 0 % (groupes I, II et III), 2 % (groupe V), 4 % (groupe VI) et 18 % (groupes IV et VII) [2]. Tous ces animaux reçoivent une solution de NaCl à 1 %.

Parmi les trois groupes de rats opérés maintenus à l'inanition protéique, deux sont traités, l'un avec de l'acétate de désoxycorticostérone (DOCA) (groupe II : injections de 1 mg par jour), l'autre avec de la cortisone (groupe III : 0,5 mg *per os* par jour).

Les régimes des groupes I à IV sont appauvris en potassium (7,4 g de KCl au lieu de 14,9 g pour 100 g de mélange salin dans les autres régimes) et enrichis en acide pantothénique (40 mg pour 100 g d'aliment sec au lieu de 3 mg) : le régime sans protéines est modifié de cette façon afin qu'il soit moins nocif pour les rats surrénalectomisés; le régime ainsi modifié, comportant 18 % de caséine (groupe IV) est destiné à servir de terme de comparaison au régime précédent.

Les rats des groupes I à IV sont observés pendant 21 jours, alors que ceux des autres groupes ne sont sacrifiés qu'après 35 jours de régime.

A titre de contrôle on soumet également des rats non opérés, soit à l'inanition protéique (16 rats), soit au régime à 2 % de caséine (8 rats) pour le même nombre de jours que les rats opérés.

2. On analyse ensuite l'influence exercée sur la survie de rats mâles surrénalectomisés maintenus (pendant 35 jours) à 2 % de caséine, par l'administration de divers acides aminés.

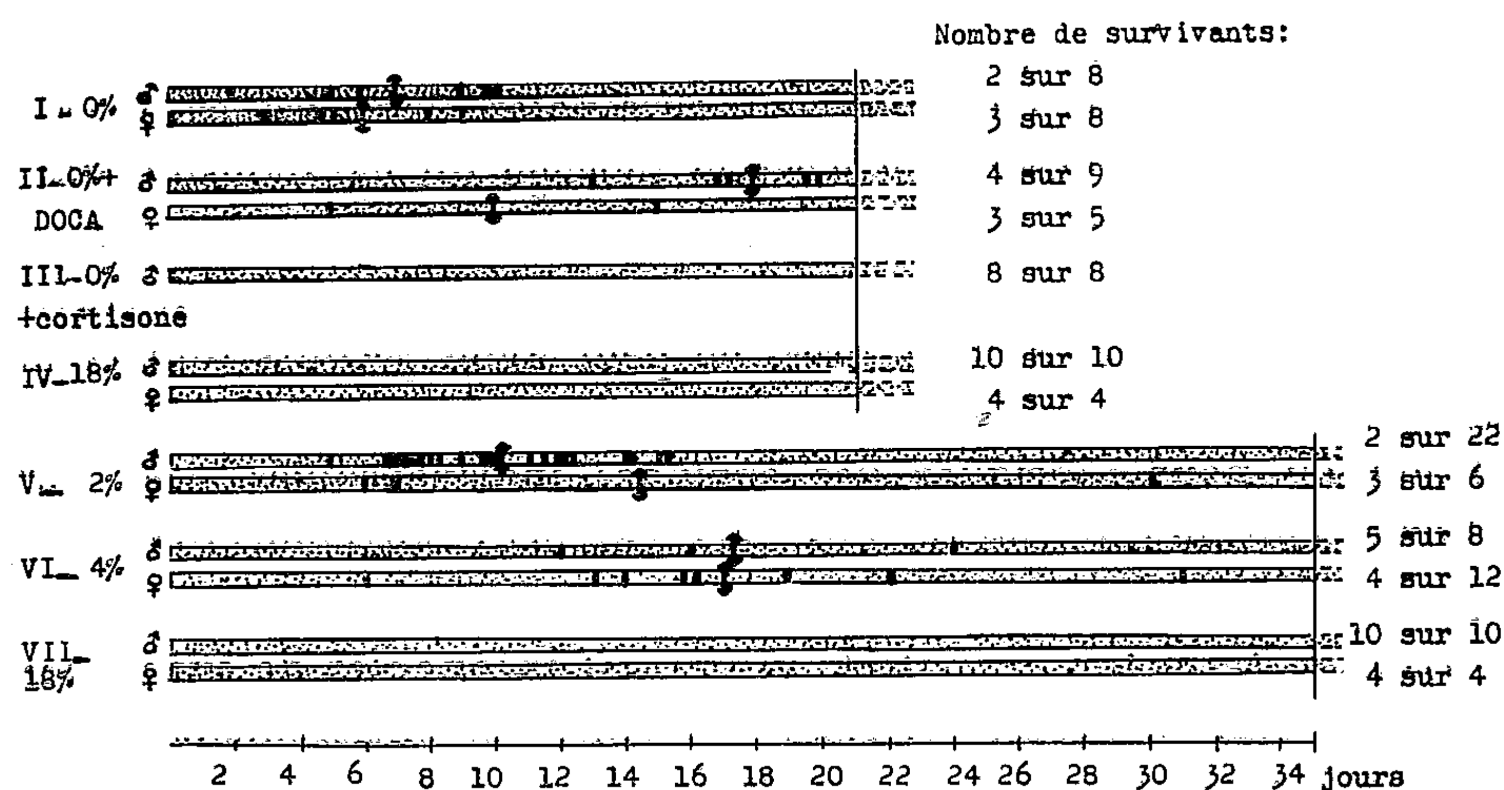
Résultats. — Les rats surrénalectomisés survivent tous et augmentent même de poids avec 18% de caséine (groupes IV et VII). En revanche

---

[1] Avec la collaboration technique de Mlle Christiane Neveu.

[2] Pour la composition complète des régimes (qui ont comporté entre autres, toutes les vitamines connues), *cf.* A. Aschkenasy, *Le Sang*, 25, 1954, p. 15.

la mortalité est très élevée avec des régimes carencés, les survies étant en général plus longues avec 4 % qu'avec 2 ou 0 % de protéines (*figure*). Dans les mêmes délais on n'observe pas un seul décès parmi les rats non opérés.



Survies comparées de rats surrénalectomisés en fonction de la richesse en protéines du régime alimentaire. *Suppression de toute mortalité aussi bien par 18 % de caséine que par la cortisone.* jour du décès; survie moyenne des rats morts spontanément.

— La mortalité par inanition protéique est diminuée par des injections de DOCA. Cependant seule la cortisone empêche tout décès et les rats surrénalectomisés recevant de la cortisone résistant à l'inanition protéique aussi bien que les rats non opérés (*figure*).

— On parvient à retarder l'échéance moyenne des décès de rats surrénalectomisés ne recevant que 2 % de caséine (échéance de 10,3 jours ± 0,6) en ajoutant divers acides aminés. Les plus favorables sont dans l'ordre décroissant :

1° La méthionine : avec 0,45 g de cet acide aminé pour 100 g d'aliment sec (12 rats), l'échéance des décès est de 22,1 jours ± 3,5; avec 0,10 g % (9 rats), elle est de 22,8 ± 3,7;

2° La valine (0,35 %; 8 rats) : 21,7 jours ± 3,8;

3° La lysine (0,20 %; 9 rats) : 20,4 ± 4;

4° Le tryptophane (0,20 %; 8 rats) : 19,1 ± 3,3;

5° La thréonine (0,35 %; 8 rats) : 18,2 ± 1,6.

En dernier viennent l'histidine (5 rats), la tyrosine (6 rats), la cystine (10 rats) et la leucine (6 rats).

Si l'on administre en même temps que de la méthionine de l'arginine (0,53 %), du glycocolle (0,35 %) et de l'acide glutamique (0,22 %) (8 rats) — en essayant ainsi de faciliter aussi bien l'utilisation du groupement

méthyle de la méthionine pour la synthèse de la créatine que celle de son groupement soufré pour la synthèse du glutathion — on obtient des survies particulièrement longues (30,6 jours ± 0,8).

Discussion et conclusions. — La nocivité des carences protéiques pour des rats privés de surrénales indique que ces glandes sont plus indispensables dans ces régimes que dans des régimes équilibrés. Le fait que seule la cortisone compense l'absence des surrénales dans les carences protéiques, amène à supposer que c'est le blocage du catabolisme des protéines tissulaires qui est responsable de la mortalité des rats surrénalectomisés. On conçoit qu'un tel blocage doive être néfaste pour un organisme qui, privé de protéines alimentaires, ne peut avoir recours qu'aux acides aminés de ses propres tissus pour reconstruire des organes à fonction prioritaire ou pour fabriquer des enzymes indispensables. Dès lors on s'explique pourquoi la survie des rats carencés surrénalectomisés peut être prolongée par l'apport de divers acides aminés.

En résumé, des rats surrénalectomisés sont incapables de supporter des régimes carencés en protéines. Leur mortalité est entièrement supprimée par la cortisone, mais non par le DOCA. Leur survie est prolongée par certains acides aminés, notamment par la méthionine.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les tubes mésonéphrétiques peuvent, expérimentalement, entrer en communication avec une région quelconque de la partie postérieure de l'uretère primaire (Amphibiens anoures).* Note de M. **Roger Cambar**, présentée par M. Maurice Caullery.

Chez la Grenouille agile, dès un stade embryonnaire précoce, le pronéphros est pleinement fonctionnel, l'uretère primaire possède une large lumière. Quelques jours plus tard, chaque mésonéphros apparaît sous la forme de 4 à 6 blastèmes distincts, voisins de l'uretère primaire, lequel induit leur croissance et leur différenciation en tubes mésonéphrétiques. Mais ces derniers n'acquièrent leur lumière centrale qu'à un stade larvaire relativement tardif (8-10 jours après l'éclosion, $t = 18°$). Dès lors s'établit la communication entre les premières unités excrétrices et l'uretère primaire. Le but du présent travail est d'analyser les facteurs qui déterminent la place exacte au niveau de laquelle chaque unité primaire mésonéphrétique fusionne avec l'uretère primaire adjacent.

Deux hypothèses peuvent être envisagées : ou bien n'importe quelle région de la partie postérieure de l'uretère primaire peut entrer en communication avec le tube mésonéphrétique voisin, ou bien cette aptitude est restreinte à des portions privilégiées, strictement localisées, de l'uretère primaire. En conséquence, les lieux de jonction entre tubes et uretère

sont déterminés, soit par la situation des unités mésonéphrétiques elles-mêmes, soit par la compétence particulière de certaines régions de l'uretère. Une réponse expérimentale peut être donnée, après déplacement précoce et ménagé de l'uretère, le matériel cellulaire mésonéphrogène restant absolument intact. Ainsi, les tubes mésonéphrétiques ultérieurement édifiés seront au contact de régions de l'uretère primaire normalement dépourvues de communications avec le rein.

Matériel et technique. — Nous utilisons des embryons de la Grenouille agile (*Rana dalmatina* Bon.). L'opération n'est réalisable que 12 h environ avant l'éclosion spontanée (stade 25 de la table chronologique de Cambar et Marrot) (1); elle est effectuée d'un seul côté de l'embryon.

On pratique d'abord l'ablation du pronéphros. On sectionne ensuite l'uretère primaire, d'une part, vers le milieu du tronc, d'autre part, au niveau de sa jonction avec le rectum, après incisions de l'ectoderme et soulèvement de deux volets ectodermiques. On isole ainsi la partie postérieure du conduit (partie wolffienne), normalement située au contact du mésonéphros. Cette partie est légèrement déplacée vers l'avant ou vers l'arrière. Pour cela on tire avec précaution, dans la direction même du conduit et dans le sens choisi, l'une des extrémités sectionnées, apparentes au niveau des incisions. L'uretère primaire ainsi déplacé ne subit aucune déviation et conserve intégralement ses relations topographiques normales. Dans certains cas, au cours de ce déplacement, mais seulement sur une très faible longueur, il est possible de faire tourner légèrement l'uretère primaire sur lui-même. A la suite de cette rotation, d'importance variable et difficile à préciser, la partie du conduit normalement interne et au contact du mésonéphros, se trouve déplacée en situation plus ou moins dorsale ou ventrale. Ainsi, des régions très diverses de la partie wolffienne de l'uretère primaire sont expérimentalement placées au contact des unités mésonéphrétiques, avant la différenciation de ces dernières.

Résultats. — Les têtards sont fixés entre 15 et 40 jours après l'opération. Dans tous les cas, le mésonéphros subit une différenciation initiale normale. Néanmoins, sur coupes, sa structure est notablement modifiée, surtout chez les têtards les plus âgés. Les parois des tubes sont minces et distendues; la lumière est anormalement grande. La portion déplacée de l'uretère primaire a subi des altérations de même nature mais plus accentuées. Le conduit est considérablement dilaté; ses parois sont devenues extrêmement minces. Cet état d'hydronéphrose générale est provoqué par la rétention de liquide excrété, conséquence de la discontinuité entre l'uretère primaire et le rectum. Ces faits suggèrent donc l'établissement d'une communication

(1) R. Cambar et B. Marrot, *Bull. Biol.*, 88, 1954, p. 168-177.

entre les tubes excréteurs devenus fonctionnels et l'uretère primaire resté aveugle.

La connaissance exacte des rapports anatomiques et fonctionnels existant entre les tubes excréteurs et l'uretère, tous fortement déformés, nécessite des reconstructions graphiques précises. Ces dernières nous permettent d'affirmer que *quel que soit le déplacement de l'uretère primaire* la cavité des tubes mésonéphrétiques communique avec la lumière du conduit déplacé. Le nombre et la place de ces communications ne sont pas différents de ceux relevés chez les têtards témoins, examinés du même côté et au même niveau du tronc.

Le lieu de jonction entre uretère primaire et tube excréteur dépend donc uniquement de la situation du tube lui-même, plus exactement d'une certaine portion de ce tube, comme le montrera un prochain travail. Dans sa partie wolffienne l'uretère primaire possède, sur toute sa surface, la capacité de fusionner avec un tube mésonéphrétique. De la même façon, et sur la totalité de sa longueur, nous avons déjà montré une égale répartition de son pouvoir inducteur sur la morphogenèse du mésonéphros. Ces faits paraissent pouvoir s'expliquer par l'homogénéité, chez la jeune larve, du matériel cellulaire venant d'édifier l'uretère primaire, ce dernier se développant entièrement à partir d'un unique blastème antérieur initial.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Les principales caractéristiques du cerveau des Ordres actuels d'Ongulés* (Ungulata sensu lato) : Proboscidea, Hyracoidea, Perissodactyla, Artiodactyla, Sirenia. Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les Ongulés, Mammifères de grande taille, en général, possèdent un cerveau complexe qui, en dépit des travaux de plusieurs anatomistes, M. Holl (1900), surtout, était demeuré énigmatique.

Les recherches de R. Anthony et J. de Grzybowski (1930-1936) ainsi que celles que je poursuis, depuis 1937, sur le développement et la morphologie du cerveau (Télencéphale) des Ongulés *sensu lato* permettent d'établir le tableau résumé ci-après [1].

De ce schéma, il résulte que :

1° Les *Proboscidea*, si particuliers à tant d'égards, celui du développement cérébral notamment, sont, toutefois, les plus archaïques des Ongulés.

2° Les *Hyracoïdea*, relativement lissencéphales, en raison de leur faible taille, sont encore primitifs, comme le montre l'aspect arqué de la *Suprasylvia*.

[1] Dans une étude antérieure (*Comptes rendus*, 238, 1954, p. 516), j'ai synthétisé les caractères cérébraux des *Perissodactyla* et des *Artiodactyla*.

		Proboscidea.	*Hyracoidea.*	*Perissodactyla.*	*Artiodactyla.*	*Sirenia.*
1. Forme du TÉLENCÉPHALE...						
	a. Début de la vie fœtale...	Allongée et surbaissée	Inconnue	Globuleuse	Globuleuse	Inconnue
	b. Age adulte.............	Globuleuse	Assez élevée	Élevée (surbaissée chez *Equidæ*)	Surbaissée (élevée chez les moins évolués)	Elevée
2. RHINENCÉPHALE.............				Bien développé chez tous		Un peu réduit
		Très développé		Très développé chez *Tapiridæ*		
3. NEOPALLIUM	*a.* Sillons d'operculisation......	*Ectosylvia*	Absents	*Ectosylvia* et Sc. rhin. post.	*Ectosylvia*; parfois : + *Præsylvia* ou Sc. rhin. post.	*Ectosylvia*
	b. *Suprasylvia*...	Arquée	Arquée	Rectiligne	Rectilig. (arquée chez *Suidæ*)	Non distincte
	c. Coronal.......	Peu distinct	Prolonge le Latéral	Prolonge le Latéral	Prolonge la *Suprasylvia* (le Latéral chez *Giraffidæ*)	Absent
	d. Sillons de complication de la face externe..	Absents	Absents	Diagonal et Oblique	Sillons γ et δ (qui existe seul chez les petits Ruminants)	Absents
	e. Splénial, sillon de la face interne.	Normal	Sur la face int. et la face ext.	Normal	Normal ou (le plus souvent) sur la face int. et la face ext.	Normal

3° Les *Perissodactyla* sont également archaïques par : 1. la hauteur des hémisphères (les *Equidæ*, exceptés); 2. la position typique du Coronal, dans le prolongement du Latéral; 3. celle, également typique, du Splénial, sur la face interne du *Neopallium*. Cependant, ils présentent, tous, des caractères d'évolution, comme le prouvent : 1. l'*Insula* étendue, que recouvre la lèvre supérieure, operculisante, de l'*Ectosylvia* et celle de la Scissure rhinale postérieure; 2. l'aspect rectiligne de la *Suprasylvia*; 3. la présence, sur la face externe du *Neopallium*, de deux sillons de complication particuliers : le Diagonal, vers l'avant, l'Oblique, vers l'arrière.

4° Les *Artiodactyla* sont homogènes, dans l'ensemble : les Bunodontes et, parmi eux, les *Suidæ*, à *Suprasylvia* arquée, étant les plus primitifs de tous. Leurs principaux caractères d'évolution sont : 1. à une exception près (*Bovidæ*), la présence d'une *Insula* plus ou moins étendue, recouverte par la lèvre supérieure, operculisante, de l'*Ectosylvia* seulement (*Dicotylinæ* et *Giraffidæ*, mis à part); 2. la position particulière du Coronal, dans le prolongement de la

Suprasylvia (*Giraffidæ*, exceptés); 3. la présence, sur la face externe du *Neopallium*, de deux sillons de complication spéciaux : le Sillon γ, vers l'avant, le Sillon δ, vers l'arrière (seul présent chez les formes de petite taille); 4. la position fréquente d'une partie du Splénial sur la face externe du *Neopallium*.

5° Les *Sirenia*, tous aquatiques, presque lissencéphales, se rapprochent un peu, par leur sillons cérébraux, des *Bovidæ* (*Selenodontia*, *Artiodactyla*), au stade fœtal.

Cette étude sur le Télencéphale des *Ungulata sensu lato* vient corroborer, d'une manière exceptionnelle, leurs autres caractères anatomiques. Un exemple, parmi beaucoup d'autres, est celui des *Suidæ*, (Artiodactyles), dont la *Suprasylvia*, nettement arquée, souligne le type archaïque du *Neopallium*.

BIOLOGIE DES INSECTES. — *Influence de quelques facteurs écologiques sur la ponte d'une Altise* (Psylliodes chrysocephala *L.*). Note de MM. **Lucien Bonnemaison** et **Pierre Jourdheuil**, présentée par M. Émile Roubaud.

La ponte de l'Altise du Colza présente une très grande sensibilité aux facteurs écologiques, se traduisant presque toujours par une résorption généralisée des ovocytes en cours de vitellogénèse et due principalement à des déséquilibres trophiques.

Les imagos de *P. chrysocephala* L. apparaissent entre la fin du mois de mai et le début du mois de juillet; après une courte période d'alimentation, ils restent en diapause jusqu'à la fin du mois d'avril. La ponte commence dans le courant du mois de septembre et peut s'étaler sur plus de huit mois. La courbe de ponte présente des inflexions très accusées qui ne semblent pas être toujours en corrélation avec les facteurs climatiques; il y a généralement un arrêt prolongé à la fin de l'automne et au début de l'hiver.

La ponte est caractérisée par une émission rapide et périodique d'un nombre d'œufs sensiblement constant, variant de 12 à 20 suivant les individus. Ce rythme est dû à la régularité et au synchronisme de l'accroissement des ovocytes dans les ovarioles, de leur expulsion dans les oviductes, puis à l'extérieur, avant la maturation des ovocytes suivants.

En élevant, sous diverses températures et humidités relatives constantes, des Altises dont la diapause avait cessé, nous avons constaté que la fécondité maximum (271 œufs) était obtenue à la température de 8° et sous une humidité relative (H. R.) de 100 %; la température-seuil est voisine de 2° et la longévité maximum a été notée à 4°.

La fréquence des pontes est liée à la vitesse d'accroissement des ovocytes qui, entre 2 et 18°, est une fonction exponentielle de la température; le rythme de ponte s'altère progressivement aux températures supérieures

à 18° et chez une proportion croissante de femelles, pour disparaître totalement au voisinage de 30°.

Les femelles placées dans un milieu où l'H. R. est de 100 % et sur un substratum présentant une mince pellicule d'eau sont notablement plus fécondes et ont une longévité plus grande que celles placées à 100 % H. R. sans eau de contact. Une H. R. de 60-80 % entraîne chez une certaine proportion de femelles l'accumulation partielle ou totale des pontes et généralement la mort lorsque deux pontes sont amassées; pour les autres, il se produit une résorption des ovocytes les plus avancés. La ponte reprend 3 à 5 jours après le transfert à une H. R. de 100 %.

Les Altises élevées à une température comprise entre 12 et 18° et à une H. R. inférieure à 100 % ne pondent pas d'une façon continue. Il y a au maximum trois cycles de ponte : le premier, du début septembre à la mi-novembre, avec fécondité maximum à la fin de septembre ou dans le courant d'octobre; le second, du 10 décembre au 15 février, avec un maximum vers la mi-décembre et le troisième du début de mars au 20 avril.

Les périodes d'arrêt de la ponte correspondent à une augmentation considérable de la mortalité des femelles. Divers facteurs écologiques interviennent dans ce phénomène. Le cycle disparaît aux températures inférieures à 12°, tandis qu'aux températures supérieures à 20° la longévité est insuffisante pour permettre l'apparition d'un deuxième cycle; une haute hygrométrie favorisant la ponte, l'importance des deuxième et troisième cycles de ponte est d'autant plus élevée que l'H. R. est plus basse.

La mortalité des femelles est liée pour une part au degré d'épuisement des Insectes (d'autant plus important que la fécondité a été plus grande) à la fin de chaque période de ponte, ainsi qu'à une sensibilité accrue à l'action de parasites normalement peu actifs (grégarines, muscardines).

Le rapport entre la quantité quotidienne de nourriture ingérée (mesurable par le nombre de morsures foliaires) et celui de la ponte journalière passe de 1,8 à 4° C, à 1,33 à 24° C; autrement dit l'alimentation n'est pas influencée suivant le même ordre de grandeur que la ponte par la température. Ce fait explique qu'à la fin d'un cycle de ponte les réserves adipeuses ont presque complètement disparu pour les femelles élevées à une température moyenne, alors qu'il en reste toujours une quantité suffisante chez les Insectes ayant séjourné à température basse. Enfin, aux températures supérieures à 18°, l'épuisement des femelles est tel qu'elles meurent pour la plupart à la fin du premier cycle de ponte.

La qualité de l'alimentation a aussi, à certaines saisons, une très grande influence sur la fécondité. Quelle que soit l'importance des pontes émises et les conditions climatiques subies par les Insectes, l'alimentation à base de feuilles d'été, à croissance rapide, provoque un arrêt de la ponte à la fin de juin et celle-ci ne reprend qu'en septembre.

GÉNÉTIQUE ÉVOLUTIVE. — *Influence de l'âge des femelles et des mâles de deux souches mutantes de* Drosophila melanogaster *sur leur fertilité.* Note de M. **Ernest Bösiger** et M[me] **Berthe Bösiger**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'avantage sélectif des mâles *cn* de *Drosophila melanogaster* par rapport aux mâles *v*, constaté antérieurement chez des mouches très jeunes, persiste chez des mouches plus âgées. Il paraît que les femelles *cn* s'accouplent plus facilement avec deux types de mâles différents, que les femelles *v* ne le font. Les femelles « âgées » sont plus fertiles.

Un de nous a démontré antérieurement que les croisements entre femelles et mâles de deux souches mutantes de *Drosophila melanogaster*, l'une homozygote pour le gène « *vermillon* » (*v*), l'autre pour « *cinnabar* » (*cn*), n'ont pas lieu au hasard ([1]), ([2]). Ces expériences avaient été faites avec des mouches très jeunes, âgées, au début de l'expérience, d'environ 12 h seulement. Pour les souches « + *Ore* R—C » et *v* des changements considérables de la fertilité des mâles pendant les premiers six jours de leurs vie ont été mises en évidence ([3]). Ainsi il semblait utile d'étudier l'influence de l'âge sur la fertilité des mouches de deux souches *v* et *cn*.

Nous avons fait sept expériences dans des cages à populations de l'Héritier et Teissier ([4]), avec des populations constituées dans le groupe A de : 50 % de ♀♀ *v*, 25 % de ♂♂ *v*, 25 % de ♂♂ *cn*; et sept autres expériences, constituées dans le groupe B de : 50 % de ♀♀ *cn*, 25 % de ♂♂ *v*, 25 % de ♂♂ *cn*. Toutes ces mouches avaient été gardées, femelles et mâles séparés, pendant 48 h dans des tubes de culture. Puis elles furent mises en contact pendant 48 h dans une cage à population, posée dans une chambre à température constante, réglée à 25° C ± 1° C.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-après. Dans la colonne I (**) le pourcentage des femelles fécondées par les mâles *cn* est calculé en ajoutant aux femelles fécondées uniquement par des mâles *cn* la moitié de celles fécondées par les deux types de mâles. Ce mode de calcul est plus pratique pour la comparaison des deux types de mâles. Dans la colonne II (**) toutes les femelles, qui se sont accouplées avec les deux types de mâles, sont incluses. Le pourcentage obtenu de cette deuxième manière représente mieux l'activité des mâles *cn*.

(1) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 934.
(2) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1180.
(3) *Experientia*, 9, 1953, p. 221.
(4) L'Héritier et Tessier, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1765.

	N° de l'expérience.	Nombre total des ♀♀ vivantes.	Nombre des ♀♀ stériles.	Nombre de ♀♀ fécondées par ♂♂ *cn*.	Nombre de ♀♀ fécondées par ♂♂ *v*.	Nombre de ♀♀ fécondées par ♂♂ *cn* et *v*.	Fréquences des ♀♀ fertiles.	Fréquences des doubles fécondées.	Fréquences des ♀♀ fécondées par ♂♂ *cn*. I (**).	σ.	II (**).
A.	210.....	277 *v*	11	244	19	3	96,0	1,1	92,3	± 1,6	92,9
	211.....	241 *v*	15	202	21	3	93,8	1,3	90,0	± 2,0	90,7
	220.....	196 *v*	3	183	8	2	98,5	1,0	95,3	± 1,5	95,9
	222.....	284 *v*	2	271	7	4	99,3	1,4	96,8	± 1,0	97,5
	227.....	250 *v*	3	236	10	1	98,8	0,4	95,7	± 1,3	96,0
	229.....	147 *v*	3	128	10	6	98,0	4,2	91,0	± 2,4	93,1
	241.....	273 *v*	3	239	27	4	98,8	1,5	89,2	± 1,9	90,0
	Moyennes....	1 668 *v*	40	1503	102	23	97,6	1,4	93,0	± 0,6	93,7
	Moy$_{\text{jeunes}}$.....	1 064 *v*	118	870	59	17	88,9	1,8	92,8	± 0,8	93,8
B.	212.....	192 *cn*	10	133	29	20	94,8	11,0	78,6	± 3,0	84,1
	213.....	224 *cn*	17	170	15	22	92,4	10,6	87,4	± 2,3	92,7
	221.....	288 *cn*	45	198	38	7	84,4	2,9	82,9	± 2,4	84,5
	223.....	294 *cn*	49	201	26	18	83,3	7,4	85,7	± 2,2	89,5
	228.....	172 *cn*	18	121	8	25	89,6	16,2	86,7	± 2,7	94,8
	230.....	159 *cn*	18	103	8	30	88,7	21,3	83,7	± 3,1	94,4
	240.....	294 *cn*	23	189	58	24	92,2	8,9	74,1	± 2,6	78,7
	Moyennes....	1 623 *cn*	180	1115	182	146	88,9	10,1	82,3	± 0,9	87,4
	Moy$_{\text{jeunes}}$.....	1 344 *cn*	431	814	64	35	67,8	3,8	91,2	± 0,9	92,9

(*) Moyennes des expériences faites avec des mouches très jeunes (1).
(**) Explication dans le texte.

Le tableau montre que l'avantage sélectif des mâles *cn* persiste chez les mouches plus âgées et garde dans le groupe A la même ampleur. Le pourcentage des femelles *v* fertiles, calculé par rapport à toutes les femelles vivantes à la fin de l'expérience, augmente.

Dans les expériences du groupe B, faites avec des femelles *cn*, on constate également un grand avantage des mâles *cn*. Mais il est moins prononcé que dans les expériences faites avec des femelles *v*, et plus faible que dans les expériences antérieures, effectuées avec des femelles *cn* très jeunes. Les différences de pourcentages de femelles fécondées par les mâles *cn* ne sont pas significatives à l'intérieur de chacun des deux groupes. Par contre, l'écart entre les moyennes des groupes A et B des expériences faites avec des mouches âgées, et celui entre les moyennes des expériences faites avec des mouches jeunes et des mouches âgées du groupe B est statistiquement significatif.

Puisque les populations des deux groupes ne se distinguent que par le génotype des femelles, c'est à elles qu'il faut attribuer les différences constatées. Quand on ne considère que le comportement des mâles *cn*, représenté dans la colonne II, on trouve qu'ils fécondent en moyenne pour toutes les expériences 91,7 % des femelles. Les écarts entre les moyennes, dans la colonne II, pour

les mouches âgées des groupes A et B et entre celles pour les mouches jeunes et les mouches âgées du groupe B ne sont qu'à peine significatifs.

Mais le pourcentage de femelles, qui se sont accouplées avec les deux types de mâles, est beaucoup plus élevé chez les femelles *cn*, et surtout chez les femelles *cn* âgées. Il paraît que les femelles *cn* acceptent plus facilement un deuxième accouplement pendant les 48 heures que dure l'expérience, que ne le font les femelles *v*. Des observations directes du comportement des mouches pourraient éclaircir ce point.

VIROLOGIE. — *Sur la séparation par l'ultrafiltration du virus de la fièvre aphteuse, des molécules de taille supérieure à lui d'une part, et de celles de taille inférieure, d'autre part.* Note de MM. **Jean-Pierre Thiery**, **Carel-Jan Van Oss**, **Louis Salomon**, Mmes **Léone Salomon** et **Micheline-P. Doucet**, présentée par M. Gaston Ramon.

Le virus de la fièvre aphteuse en culture *in vivo*, ou *in vitro*, manifeste une virulence souvent irrégulière. Ces variations peuvent être dues, entre autres, à des actions biologiques comme la présence d'anticorps, ou à des actions physiques comme l'adsorption sur des grosses molécules.

Étant donnée la complexité des milieux de culture du virus, nous avons été amenés à utiliser le moyen physique de séparation le moins susceptible d'altérer le virus : *l'ultrafiltration.*

Les techniques ordinaires d'ultrafiltration sur membranes de collodion ont les inconvénients suivants : faible débit, adsorption par la membrane, colmatage difficulté de fabrication, et qualité irrégulière de la membrane.

Notre choix s'est porté sur la méthode d'ultrafiltration à circulation turbulente de liquide sous pression dans des membranes tubulaires, mise au point par l'un de nous [1]. Cette méthode ne présente pas les inconvénients de la méthode classique. Comme membranes de porosité suffisamment grande pour permettre le passage de protéines d'un poids moléculaire d'environ 1 000 000, nous avons employé des parois d'intestin grêle de Porc chinois, à la suite des résultats obtenus par l'un de nous [1] sur diverses substances colloïdales. Pour obtenir une qualité constante de ces membranes, nous nous sommes rendus compte qu'il fallait un léger séchage de la membrane à l'air libre juste, avant son utilisation. L'adjonction d'antibiotiques empêche la pullulation microbienne durant les opérations.

Nous avons réalisé 3 séries d'expériences d'ultrafiltration soit sur de petites quantités dans un petit ultrafiltre d'Ambard (4 expériences sur 16 à 18 cm^3),

---

[1] C.-J. Van Oss. Les principes et les détails de cette méthode seront prochainement publiés dans un autre recueil.

soit sur de grandes quantités dans l'appareil de Van Oss (2 expériences de plusieurs litres).

Les résultats de nos essais sont concordants. Dans les 2 expériences d'ultrafiltration à grande échelle, le liquide est maintenu à une température ne dépassant pas 20°C. La turbulence à l'intérieur des tubes ultrafiltrants est de l'ordre de Reynolds 3 000 (pour éviter le colmatage). Afin de disposer d'une quantité importante de virus, nous avons utilisé du virus apteux de type O cultivé *in vivo* sur embryome bovin ([2]); celui-ci est broyé finement, dilué en milieu physiologique tamponné à pH 7,6 à des concentrations différentes selon les expériences, et centrifugé 15 mn à 4 000 g.

Les titrages de virus ont été effectués sur 15 bovins selon la méthode de Henderson ([3]).

Au cours des ultrafiltrations d'une durée d'environ 3 h, les différentes fractions d'ultrafiltrat et de résidu (liquide se trouvant encore dans l'appareil et n'ayant pas traversé la membrane) ont été recueillis séparément.

Nous résumons les résultats obtenus dans le tableau ci-dessous :

	Expérience I.		*Expérience* II.	
		Titre.		Titre.
Départ...	Embryome dilué à 1/100^e	10–5	Embryome dilué à 1/20^e	10–5
UF I....	–	10–4	–	10–5
UF II...	–	non virulent	–	non virulent
R I.....	–	non titré	–	10–5
R II.....	–	10–2	–	10–4

Départ.. liquide contenant le broyat d'embryome centrifugé
UF I.... ultrafiltrat recueilli sous une pression de 0,5 kg/cm^2
UF II... ultrafiltrat recueilli après avoir porté la pression à 3 kg. par cm^2.
R I..... résidu recueilli sons une pression de 0,5 kg/cm^2.
R II.... résidu recueilli après avoir porté la pression à 3 kg/cm^2.

Au cours de l'expérience, le débit de 1 m d'intestin de porc chinois est d'environ 600 cm^3/h, indépendamment de la pression. Nous sommes donc parvenus à séparer le virus de la fièvre aphteuse des complexes protéiques plus grands, par ultrafiltration à travers une paroi d'intestin grêle de Porc chinois, à basse pression (0,5 kg/cm^2).

Nous avons pu, d'autre part, le séparer des molécules plus petites que lui par ultrafiltration sur une membrane identique, mais à plus forte pression (3 kg/cm^2). Nous ne pouvons toutefois pas encore affirmer la possibilité de

([2]) J.-A. THOMAS, J.-P. THIERY, L. SALOMON, et Mme LÉONE SALOMON, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 420.

([3]) W. M. HENDERSON, *Agric. Res. Council*, Report Séries N° 8, Londres, H. M. Stationery Office, 1949.

concentrer le virus, car une telle concentration devrait se faire sous une pression de 3 kg, ce qui dans le système utilisé, tend à atténuer le virus. Enfin, nous remarquons que le passage du virus à basse pression à travers la membrane est meilleur lorsque la concentration initiale en virus est plus grande. Nous avons recherché à la suite de l'immunisation (observée par hasard) d'une vache ayant servi au titrage d'un ultrafiltrat (UF II) si ce dernier avait des qualités immunisantes. L'expérience a prouvé que l'injection sous-cutanée de 3 cm^3 de UF II protège le cobaye inoculé de virus aphteux (quatre cobayes protégés sur quatre, alors que quatre témoins généralisent). Un deuxième essai fait avec un autre UF II a donné des résultats superposables. Nous n'avons pu déterminer l'origine de cette protection. Si l'hypothèse de la présence d'anticorps vient naturellement à l'esprit, nous ne pouvons pas jusqu'ici, en apporter la preuve; nous nous proposons d'étudier leur présence dans l'embryome.

Conclusions. — Dans nos conditions expérimentales, l'ultrafiltration à travers des membranes intestinales de porcs chinois, d'un broyat d'embryome dans lequel le virus aphteux a cultivé, permet de séparer le virus des molécules plus grosses et des molécules plus petites que lui. Certaines indications nous permettent de supposer que l'ultrafiltrat ne contenant que les petites molécules, possède un pouvoir immunisant.

A 16 h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 25 m.

R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 27 OCTOBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE DE BROGLIE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** annonce le décès, survenu à Paris, le 23 octobre, de M. **ALBERT DEMOLON**, et invite l'Académie à se recueillir en silence pendant quelques instants en signe de deuil.

L'allocution nécrologique d'usage sera lue en l'une des prochaines séances par M. **MAURICE JAVILLIER**.

M. **PAUL MONTEL** signale à l'Académie la présence de M. **LUCIEN GODEAUX**, Membre de l'Académie Royale de Belgique, Professeur à l'Université de Liége. M. le Président souhaite la bienvenue à celui-ci et l'invite à prendre part à la séance.

M. le **PRÉSIDENT** informe l'Académie qu'à l'occasion des fêtes de la Toussaint, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 3 au lieu du lundi 1er.

PHYSIOLOGIE. — *Modifications expérimentales de la durée de l'apnée primaire anoxique*. Note de MM. **LÉON BINET** et **MAURICE V. STRUMZA**.

A la suite de l'inhalation d'un mélange gazeux fortement appauvri en oxygène, la respiration, après avoir passé par une phase d'excitation, est déprimée, le rythme respiratoire se ralentit, la profondeur diminue progressivement et enfin toute activité respiratoire cesse : c'est l'apnée primaire anoxique.

Divers facteurs sont susceptibles d'influer sur la durée de cette apnée primaire anoxique (1) : une teneur élevée de l'oxygène sanguin au début

---

(1) Léon BINET et M. V. STRUMZA. *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 748. — CO_2 total plasmatique artériel et déclenchement de la reprise respiratoire après apnée primaire anoxique *Ibid.*, 145, 1951, p. 193-195. Profondeur de l'anesthésie, température centrale et déclenchement de la reprise respiratoire après apnée primaire anoxique *Ibid.*, 148, 1956, p. 54-56.

de l'apnée prolonge sa durée, la reprise respiratoire ayant lieu avec un taux sensiblement constant d'oxygène; la richesse en gaz carbonique, pour un taux d'oxygène donné inférieur au seuil critique, favorise la reprise respiratoire. L'anesthésie, l'intensité des échanges tissulaires interviennent : la durée de l'apnée primaire étant d'autant plus courte que l'anesthésie est moins profonde; une température centrale élevée raccourcit l'apnée, une température basse l'allonge. Est-il possible de faire varier la durée de cette inhibition respiratoire anoxique à l'aide d'agents susceptibles de modifier l'excitabilité directe ou réflexe des centres nerveux respiratoires ? Peut-on, en particulier déclencher la reprise des mouvements respiratoires avant que la sous-oxygénation devienne dangereuse pour les tissus ?

Afin de répondre à ces questions, nous avons expérimenté sur des chiens chloralosés depuis plus de 40 mn et moins de 140 mn, évitant ainsi l'influence des variations du degré de l'anesthésie. Nous avons éliminé également les sujets dont la température centrale était inférieure à 37° ou supérieure à 39°. Dans ces conditions expérimentales, la durée moyenne de l'apnée primaire anoxique, des 115 chiens retenus est de 100,8 ± 5, 7 s. Ces animaux qui ont subi pour toute manipulation la mise en place d'une canule intrachéale et celle d'une canule dans l'artère fémorale pour l'inscription de la pression artérielle, servent de témoins.

Les agents pharmacodynamiques dont nous avons exploré l'activité, ont été administrés, en injection intraveineuse, à des chiens maintenus dans les mêmes conditions expérimentales que les témoins, 5 mn environ avant la suspension respiratoire par anoxie. Parmi les produits utilisés, les uns ont allongé la durée de l'apnée, les autres ne l'ont sensiblement pas modifiée, quelques-uns l'ont nettement raccourcie.

Un *antihistaminique*, le chlorhydrate de (diméthyl-amino-2'-propyl-1')-N-dibenzo-parathiazine (3 277 RP), à la dose de 2,5 mg/kg de poids, a entraîné les apnées primaires anoxiques les plus prolongées que nous ayons enregistrées : 198,3 ± 28,6 s, en moyenne, pour six chiens.

La durée moyenne de l'apnée a été de 138,3 ± 14,4 chez 16 chiens qui ont reçu une injection intraveineuse de chlorhydrate de *procaïne*, à raison de 1 mg au kilogramme. La différence avec les témoins est statistiquement significative : $t = 2,5$.

Avec le chlorhydrate de *morphine*, à la dose de 0,5 mg/kg de poids, nous trouvons un allongement, par rapport aux témoins, non significatif statistiquement. Pour 11 chiens, on mesure une durée d'apnée de 117 ± 20,9 s.

Un *analeptique respiratoire*, le N, N'-dibutyl N, N'-dicarboxyl-morpholide-éthylène-diamine (1064 Th) a donné sur huit chiens, le temps d'apnée de 104 ± 25,4 s avec des doses variant de 1 à 10 mg/kg de poids. L'effet

est donc nul et il n'a été constaté aucune relation entre la quantité de produit injecté et la durée de l'apnée.

Les *éphédrines* et leurs dérivés, qui doublent et même triplent la durée de persistance de l'activité respiratoire des animaux chloralosés soumis à l'anoxie, ne manifestent, aux doses de 10 à 20 mg/kg de poids, aucun effet raccourcisseur sur l'apnée primaire anoxique. La durée moyenne de celle-ci, pour 17 chiens, est de 102,3 ± 19,9 s.

La *caféine*, à raison de 20 mg/kg de poids ne présente aucun effet significatif sur la durée moyenne de l'apnée : pour 13 chiens, on trouve une durée de 89,2 ± 14,9 s.

Par contre, les *psychamines*, le sulfate de phényl-1-amino-2-propane en particulier, raccourcissent significativement la durée de l'apnée : la moyenne pour neuf chiens est de 71,9 ± 8,7 s.

Enfin, il convient de réserver une place à part à l'*atropine*. L'injection de ce produit, comme d'ailleurs la double vagotomie au cou, supprime l'apnée primaire anoxique sous son aspect habituel. Nous avons montré [2] que l'année primaire anoxique est la conséquence d'une hypervagotonie de sous-oxygénation qui inhibe les centres respiratoires. Avec les progrès mêmes de l'anoxie, le tonus vagal disparaît, l'inhibition respiratoire cesse. Ces centres sont néanmoins directement perturbés par la sous-oxygénation et s'arrêtent après avoir présenté une activité irrégulière, avec des pauses interrespiratoires plus ou moins prolongées. Même en considérant les pauses les plus longues, la durée moyenne pour 36 chiens est de 61,1 ± 9,7 s, temps bien plus court que celui de l'année primaire classique. La différence étant significative : $t = 3,7$.

Il est donc possible de modifier la durée de l'apnée primaire anoxique : tous les dépresseurs allongent cette durée et même si le système nerveux central est fortement inhibé, la reprise respiratoire fait totalement défaut. Inversement certains excitants nerveux peuvent hâter le retour des mouvements respiratoires. Enfin, les vagolytiques peuvent empêcher l'apparition de l'apnée primaire anoxique, les mouvements respiratoires dits agoniques se raccordant sans intervalle de temps aux mouvements respiratoires.

GÉOLOGIE. — *Contribution à la connaissance du Permien des zones externes des Alpes françaises : le Permien d'Entraigues et des Rouchoux (massif du Pelvoux).* Note de MM. **Léon Moret** et **Jacques Debelmas**.

On sait, depuis la Note synthétique de M. Gignoux et L. Moret [1] que les affleurements attribués au Permien dans les zones externes des Alpes

[2] L. Binet et M. V. Strumza. *J. Physiol.*, 46, 1954, p. 252-254.

[1] *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 853.

françaises, peuvent se répartir en deux groupes : certains font normalement suite au Houiller et sont recouverts en discordance par le Trias, par exemple, les conglomérats du Prarion dont nous serions tentés de faire de l'Autunien; les autres au contraire reposent en discordance sur le matériel plus ancien et passent à leur sommet au Trias, c'est le cas des « Grès d'Allevard » dont de récentes découvertes d'empreintes de plantes (*Calamites cisti*, *Pseudovoltzia*) (²) viennent de démontrer qu'ils débutent dès le Permien inférieur (ici, Saxonien ?) et passent stratigraphiquement jusque dans le Permien supérieur-Trias.

Les deux affleurements ici décrits, sont situés sur la bordure Ouest du Pelvoux et ont été découverts naguère par P. Termier.

1. *Le Permien d'Entraigues*, extrêmement réduit en surface, se montre formé de grès à grain très fin et d'argilolites bigarrées vertes et violettes, coiffant assez tranquillement le Cristallin, le long du canal du Beaumont, au-dessus du hameau des Prats.

Ainsi que l'un de nous (J. D.) l'avait noté en compagnie de P. Lory (³), il n'existe aucun rapport entre ce Permien et l'étroit synclinal houiller des Prats, pincé dans le Cristallin, qui détermine le petit ravin descendant sur ce hameau. Ce Permien des Prats apparaît donc postérieur à des mouvements ayant intéressé le Houiller, mais s'étant poursuivis au cours du Permien inférieur (ancienne phase allobrogienne de M. Lugeon). Quant à ses rapports avec le Trias, ils sont pratiquement impossibles à connaître en raison des mauvaises conditions d'observation. Toutefois, à quelques dizaines de mètres en amont dans la pente, affleure un lambeau de Trias reposant, au moins localement, directement sur le Cristallin lui aussi, ce qui souligne son indépendance vis-à-vis du Permien. Ce Trias remanie des produits pulvérulents rouges, que P. Lory (⁴) a montré être le fait de l'altération permienne.

2. *Le Permien des Rouchoux* représente à l'affleurement une masse plus importante et ressemble étonnamment au Grès d'Allevard. Il forme le sommet des Rouchoux (1971 m) et les crêtes qui en descendent, vers le Nord jusqu'à la cabanne de Prés Clos (1670 m) et au Sud jusqu'à la Combe du Verney. De plus, un peu au Sud-Est de la cabanne de Prés Clos, dans la croupe que limitent les ruisseaux de Marcoz et du Pleynet, ce Permien forme au milieu du Houiller deux petites bandes parallèles dues à de petits replis écaillés.

Du point de vue stratigraphique, le Permien succède là normalement

(²) P. GIDON, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 974; P. CORSIN et A. C. TOBI, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 984.

(³) *C. R. Soc. Géol. France*, 3 novembre 1952, p. 279.

(⁴) *Trav. Labor. Géol. Fac. Sc. Grenoble*, 1953, 30, p. 117.

au Houiller sans discordance visible, mais il ne s'agit vraisemblablement que d'une « accordance » tectonique. Le changement de faciès est brutal : les schistes noirs houillers, à grain très fin, à débris végétaux indéterminables, sont surmontés brusquement par un conglomérat arkosique, de couleur très claire, grise ou blanche, à très nombreux cailloux éolisés, présentant les facettes d'usure et l'allure polyédrique classique. Ces galets, éolisés ou non, sont presque uniquement cristallins (granulites, gneiss, micaschistes, cornéennes, etc.).

Le ciment est un grès friable, très feldspathique. Cette couche de base est d'épaisseur variable, mais au-dessus d'une tranche de sédiments de 10 à 30 m d'épaisseur suivant les points, le conglomérat se colore progressivement en rouge, en gardant par ailleurs une composition identique. Il semble possible d'expliquer la couleur claire des assises basales par une décoloration du sédiment permien dans un milieu organique réducteur prolongeant celui qui avait régné précédemment.

Vers le haut de la série, le grain diminue et l'on passe au grès finement conglomératique des Rouchoux, de couleur rouge, par places marbré de vert, toujours feldspathique et à éléments cristallins.

La stratification est bien soulignée par l'alternance de niveaux grossiers, durs, et d'assises plus fines et plus tendres.

Le contact avec le Trias est visible seulement à l'Ouest du sommet des Rouchoux, au Col de Prés Clos (ou de la Pale). Il semble bien que ce contact ait joué tectoniquement, aussi l'existence d'une discordance qui se lirait dans la différence brusque des pendages n'est-elle pas convaincante.

Mais c'est surtout « cartographiquement » que l'indépendance Permien-Trias et l'accordance tectonique Permien-Houiller apparaissent le plus nettement. Les travaux de J. Vernet ([5]) ont en effet montré que le Permien et le Houiller formaient là un synclinal hercynien dont la direction est légèrement différente de celle du synclinal mésozoïque de la Croix de Rougny.

De ce qui précède, on peut conclure qu'au Permien inférieur (Saxonien), sur la bordure Ouest du Pelvoux, vraisemblablement à la suite de mouvements d'amplitude inconnue, le socle paléozoïque, avec ses synclinaux houillers, était par places, par exemple à Entraigues, en proie à l'érosion. Ailleurs, au contraire, s'accumulaient les produits de cette érosion.

Or, à Entraigues, P. Lory ([4]) a récemment signalé la transformation progressive, sur place, de la granulite en arkose. Il est, à ce sujet particulièrement intéressant de constater que granulite et arkose se rencontrent

---

([5]) *Bull. Serv. Carte Géol. France*, n° 239, 51, 1953, p. 129.

abondamment en débris dans le Permien des Rouchoux qui n'a rien emprunté à son propre substratum. Ainsi, sans forcément voir dans les Rouchoux, la zone d'épendage même des produits d'érosion du massif d'Entraigues, apparaît, conformément aux vues de M. Gignoux et L. Moret l'existence de reliefs rajeunis par places et de bassins d'épendage locaux, expliquant le caractère sporadique des dépôts du Permien dans cette région des Alpes. Une autre conséquence de ce qui vient d'être exposé, est la possibilité de déplacement des aires de sédimentation.

Nous avons en effet pu voir qu'à la fin du Permien, la région d'Entraigues fonctionnait à son tour comme zone d'épendage, mais cette zone était fort étroite ou avait été soumise, une fois de plus, peu après ce bref épisode sédimentaire, à une nouvelle érosion, puisque les premiers sédiments triasiques reposent, au moins localement, sur le vieux matériel cristallin altéré et rubéfié.

Ainsi, ce que nous connaissons du Permien des zones externes de nos Alpes françaises, nous montre que, dès l'Autunien, lié stratigraphiquement et tectoniquement au Houiller, cette période, au climat devenu sec et subdésertique, a été agitée par les derniers soubresauts de la chaîne hercynienne, soit au cours du Saxonien (?), soit même postérieurement.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Henri Humbert** : *Les Chênes*, par Aimée Camus. Tome III, 1re et 2e Parties. Texte.

PLIS CACHETÉS.

A la demande d'un historien des sciences, le pli cacheté accepté en la séance du 23 avril 1749 et enregistré sous le n° 23, est ouvert par M. le Président.

Le document qui en est retiré sera soumis à l'examen de la Section de chimie.

DÉSIGNATIONS.

M. **Léon Binet** est désigné pour représenter l'Académie aux Cérémonies du Souvenir organisées par la **Fédération Nationale des Médecins du Front**, qui auront lieu le 14 novembre 1954 en la Cathédrale Notre-Dame de Paris et au Val-de-Grâce.

M. **Léopold Escande** est désigné pour représenter l'Académie aux **Premières Journées d'Hydraulique de Yougoslavie**, organisées par la **Société des Ingénieurs de Yougoslavie**, qui auront lieu du 7 au 9 novembre 1954 à l'Académie Serbe des Sciences, à Belgrade.

CORRESPONDANCE.

M. **Maurice Ponte** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des applications de la science à l'industrie, par le décès de M. *René Barthélemy*.

M. **Georges Dupont** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de chimie, par le décès de M. *Pierre Jolibois*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Comité national de Mécanique théorique et appliquée. *Colloque Junius Massau, tenu à Mons et Gand, les* 26 *et* 27 *avril* 1952, sous la Présidence de M. Joseph Pérès.

2° Annales de l'Association des ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand. *Centenaire Junius Massau.*

3° *Leçons de mécanique rationnelle*, par Junius Massau. Tomes I et II.

4° *Mémoire sur l'intégration graphique des équations aux dérivées partielles*, par Junius Massau.

5° *Appendice au Mémoire sur l'intégration graphique et ses applications*, par Junius Massau.

6° *Mécanique à l'usage de la classe de mathématiques élémentaires*, par Mlle N. Dequoy. Préface de M. Albert Châtelet.

7° Régence de Tunis. Service des mines, de l'industrie et de l'énergie. *Carte géologique de la Tunisie au* 1/500 000e. Deuxième édition. *Notice explicative*, par Gilbert Castany.

8° Id. Service géologique. *Notes*, Tome I, n°s 1-9. — *Bibliographie géologique de la Tunisie*, n° 1, établie par Gilbert Castany. — *Catalogue des publications.*

9° Office de la recherche scientifique et technique Outre-mer. Commission scientifique du Logone et du Tchad. *Étude pédologique du Bassin alluvionnaire du Logone-Chari.* Avant-propos du Général J. Tilho.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur une solution rigoureuse d'un problème d'écoulement plan en milieu poreux avec barrage souterrain.* Note de M. **Mladen Boreli**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons étudié un écoulement plan, permanent, à potentiel, en milieu poreux; le domaine D du liquide (pesant), en mouvement est limité par : 1° un fond imperméable $y=0$; 2° un barrage imperméable infiniment mince, de hauteur h; 3° un drain placé au niveau Δ, dont la longueur l est inconnue *a priori*; 4° une surface libre dont la position est inconnue *a priori*. Cet écoulement, désigné dans la suite par A, est déterminé par deux nombres sans dimension, car les quatre paramètres qui caractérisent l'écoulement, à savoir : h, Δ, débit Q, coefficient de Darcy K, dépendent de deux grandeurs fondamentales seulement, longueur et temps. Pour l'écoulement A, les transformations et les équations qui donnent les correspondances conformes entre différents plans (plan du mouvement $z=x+iy$; plan de l'hodographe inverse ζ; plan $t=m+ni$, demi-plan auxiliaire), sont quasi identiques à celles de l'écoulement vers un drain placé sur un fond imperméable (écoulement B) ([1]) et que nous avons étudiées dans une Note précédente ([2]). C'est pour cette raison que nous nous bornons ici à présenter les formules résolutives finales.

On trouve

$$\frac{lK}{Q}=-\frac{2(a-1)}{\pi^2}\log\frac{1+\sqrt{2b}}{1-\sqrt{2b}}-\frac{4}{\pi^2}\Phi(\sqrt{2b})+1, \tag{1}$$

$$\frac{K\Delta}{Q}=\frac{2(a-1)}{\pi}+\frac{2}{\pi}\log\left(1+\sqrt{1-2b}+\frac{\varphi_0}{\pi}\right), \tag{2}$$

$$\frac{hK}{Q}=\frac{4(a-1)}{\pi^2}\left[\frac{\pi}{2}-\operatorname{arc\,tg}\sqrt{\frac{m_1-2b}{1-m_1}}\right]+\frac{4}{\pi^2}\int_{m_1}^{1}\frac{\arcsin\sqrt{m}}{\sqrt{m-2b}}\,d\sqrt{m}+\frac{\varphi_0-\varphi_1}{\pi}, \tag{3}$$

où a et $2b$ sont des paramètres indépendants qui représentent respectivement les abscisses réelles des images du point où la vitesse prend sur le fond imperméable sa valeur maximum d'une part, et du point commun au barrage et au drain d'autre part; $\Phi(\sqrt{2b})$ est une des intégrales de Spence (*cf.* α)

$$\varphi_0=-\operatorname{arg\,ch}\left(\frac{1-b}{b}\right);\qquad \varphi_1=-\operatorname{arg\,ch}\left(\frac{m_1-b}{m_1}\right);$$

m_1 est l'abscisse réelle de l'image du point culminant du barrage où la vitesse

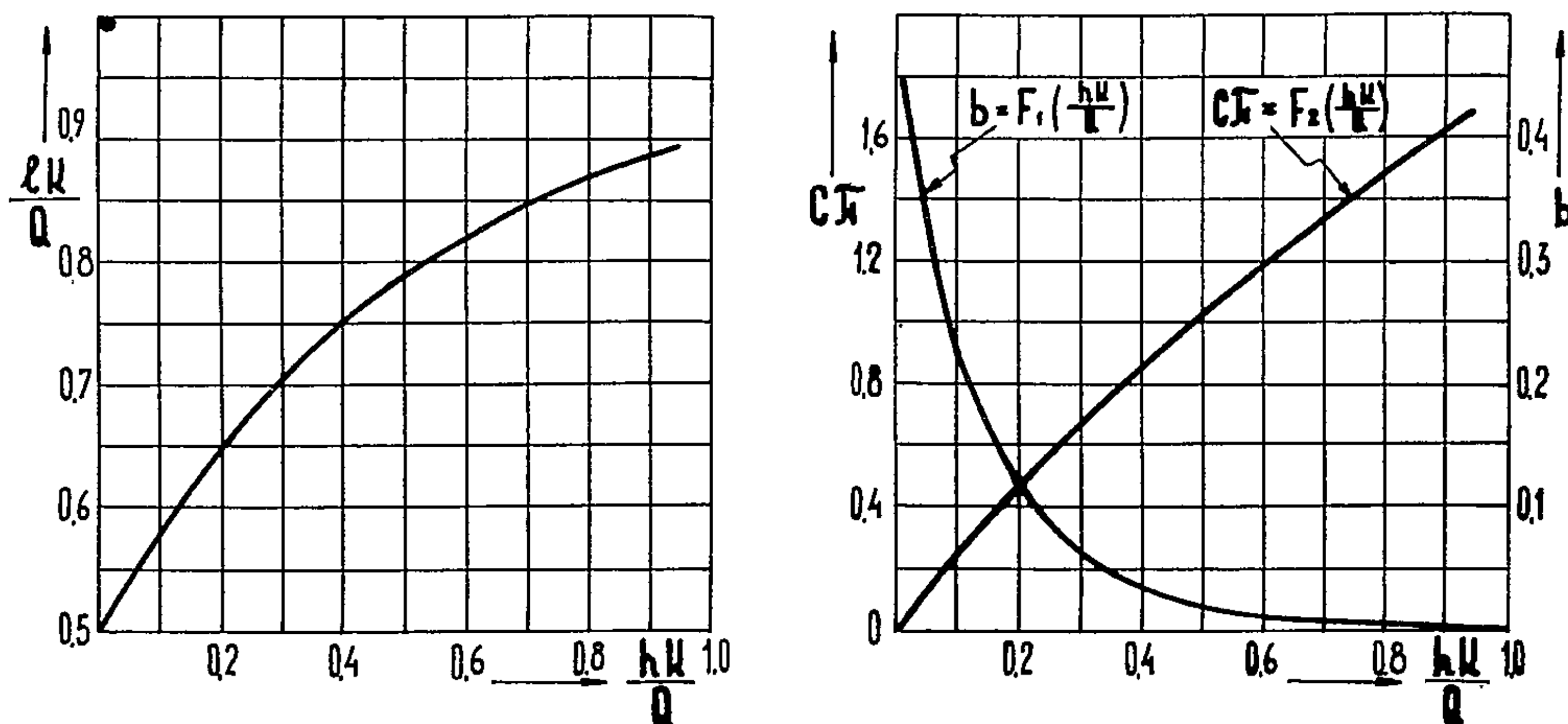
([1]) Cette identité résulte du fait que le prolongement analytique de l'écoulement B, à travers la surface libre est quasi identique à l'écoulement A. L'ensemble de deux écoulements donne l'écoulement vers un barrage avec un drain amont et un drain aval. La moitié du débit déverse, l'autre moitié passe par le drain.

([2]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 132. Les références à ce travail seront notées α.

est infinie. La valeur de m_1 est donnée par l'équation suivante :

$$\frac{2(a-1)}{\pi}\sqrt{\frac{m}{1-m}}+\frac{2}{\pi}\arcsin\sqrt{m}=1 \tag{4}$$

Le cas où $\Delta=0$, correspond à un schéma voisin de l'écoulement que nous avons étudié dans une Note précédente (³) (écoulement C). Il existe alors une



relation liant les variables lK/Q et hK/Q, représentée graphiquement sur la figure. La même figure donne aussi les courbes

$$c\pi=\frac{2(a-1)}{\pi}=F_1\left(\frac{lK}{Q}\right),\qquad b=F_2\left(\frac{lK}{Q}\right)$$

qui lient les paramètres a et b aux paramètres hydrauliques.

Ainsi que pour l'écoulement C, nous avons vérifié qu'un seuil de très faible hauteur peut avoir une influence favorable au point de vue de fonctionnement du drain.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Étude de la vitesse maximum atteinte à la rupture par un quartz dont l'oscillation sinusoïdale ne déforme pas la surface vibrante.* Note de MM. **Norbert Ségard** et **Étienne Besème**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une Note (¹), M. Roig a montré que 60 m/s environ serait la vitesse linéaire minimum nécessaire pour observer la modification, par effet Döppler, d'une radiation monochromatique, après une seule réflexion sur un miroir de quartz animé d'un mouvement sinusoïdal. Il demande si cette vitesse peut être atteinte sans amener la rupture du quartz.

(³) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 646.

(¹) *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 440.

Nos recherches ont porté sur les deux points suivants :

1° Choix du quartz pour l'obtention d'une vibration sinusoïdale sans déformation de la surface vibrante;

2° Détermination, pour un tel quartz, de la vitesse maximum à la rupture.

1° CHOIX DU QUARTZ. — *a. Coupe.* — Seule une coupe X d'un quartz vibrant en épaisseur, en demi-onde, est satisfaisante, malgré l'influence de la température sur la fréquence. Les autres modes de vibration provoquent des déformations de la surface vibrante ou en limitent la valeur utile.

b. Surface et épaisseur. — Nos expériences ont montré que la vitesse demandée ne peut être obtenue. L'effet Döppler ne peut donc être observé qu'après plusieurs réflexions du pinceau lumineux entre la surface vibrante et une surface fixe. Dans ce but nous avons pris une surface carrée de 1 cm de côté. Pour cette coupe et cette surface, une épaisseur de 1,42 cm ($N \simeq 200$ kHz) donne un mouvement sinusoïdal. Pour des épaisseurs plus petites, certaines régions de la surface vibrante restent au repos quand les autres vibrent. Ces résultats sont nettement visibles avec la méthode utilisée par M. Tolansky (²) : on suit le comportement des franges fines d'interférence produites entre la surface polie du quartz et une surface optiquement plane.

c. Attache. — On fixe le quartz par quelques points du plan nodal.

2° VITESSE MAXIMUM A LA RUPTURE. — *a. Calcul de* V. — En l'absence d'amortissement, la condensation de l'onde est maximum au centre du quartz et égale à $\pi a/e$, a amplitude de l'extrémité; e épaisseur de la coupe.

La même condensation, à la rupture, devient R/E, R résistance à la traction du quartz : 1000 kg/cm² (³), E module d'élasticité suivant l'axe X : 7871 kg/mm².

L'amplitude théorique de rupture A d'un tel quartz est donnée par la relation (⁴).

$$A = \frac{Re}{\pi E} = 0,0004\, e.$$

Pour une fréquence $N\,c/s = 287\,000/e$, on a

$$V = 2\pi NA = 729 \text{ cm/s}.$$

C'est une vitesse constante : en particulier, elle ne dépend pas de la fréquence propre du quartz.

En réalité, l'amortissement diminue légèrement l'amplitude et la vitesse de rupture. En désignant par α le coefficient d'amortissement et par v la vitesse de propagation des ondes dans le quartz, l'amplitude est

$$A' = \frac{R}{E\sqrt{\frac{\pi^2}{e^2} + \frac{\alpha^2}{v^2}}}.$$

(²) TOLANSKY et BARDSLEY, *Proc. Phys. Soc.*, B, 44, 1951, p. 224 et sq.

(³) SOSMAN, *The propertie of Silica chemical catalog*, Company Ive, New York, 1927.

(⁴) BESÈME, *Diplôme de Physique*, Lille, 1954.

Dans nos expériences $\alpha/\nu \simeq 0{,}01$ négligeable devant $\pi/e \simeq 2{,}25$. A′ doit donc être pratiquement égal à A : la vitesse de rupture ne change pas.

b. Vérification expérimentale. — Nous avons relié l'intensité efficace H. F., I, à la vitesse V′ du quartz au passage à la position d'équilibre [4] :

$$V' = \frac{I\sqrt{2}\,(e + 4{,}41\,e')}{2\varepsilon S}$$

e' épaisseur de la couche d'air comprise entre le quartz de surface S et ses électrodes ($e' < 0{,}1$ cm) ; ε, coefficient piézoélectrique $5{,}2 . 10^4$ u. e. s. C. G. S.

Pour les faibles amplitudes nous avons vérifié cette relation grâce à la méthode interférométrique déjà citée. En remplaçant V′ par V, l'intensité H. F. exprimée en milliampères doit être à la rupture :

$$I = \frac{18\,s}{e + 4{,}41\,e'}$$

valeur qui ne dépend pas du coefficient d'amortissement tandis que la tension correspondante varie énormément suivant α et les conditions expérimentales.

Pour notre quartz, le calcul donne I compris entre 12,7 et 10 mA quand e' varie de 0 à 0,1 cm. Nos expériences ont donné comme valeur moyenne : 11 mA à la rupture.

Par ailleurs, les essais de vibration en quart d'onde d'un quartz analogue de 400 kHz, qui aurait nécessité pour la même vitesse V une puissance apparente H. F. réduite de moitié, n'ont pas abouti : c'est l'onde Y de $N = 270$ kHz qui impose alors au quartz son régime de vibration.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La masse propre du photon.*

Note de M. **Asher Pressman**, présentée par M. Louis de Broglie.

La solution des équations de Maxwell en espace courbe, appuyée sur des considérations cosmologiques, montre que l'équation de mouvement d'un groupe d'ondes électromagnétiques est identique à celle d'un corpuscule (photon) dont la masse propre serait de l'ordre de 10^{-65} g.

Notre point de départ est le système d'équations de Maxwell

$$\varphi_{ij,k} + \varphi_{jk,i} + \varphi_{ki,j} = 0,$$
$$\mathfrak{F}^{ij}{}_{,j} = \mathfrak{J}^i,$$
$$\mathfrak{F}^{ij} = \sqrt{|g|}\, g^{ik} g^{jh} \varphi_{kh}.$$

La première de ces équations peut s'écrire : $\varphi_{ij} = \varphi_{j,i} - \varphi_{i,j}$ où φ_i est le quadripotentiel électromagnétique.

Définissons

$$\Phi^i = \sqrt{|g|}\, g^{ik} \varphi_k \qquad \text{et} \qquad \Phi^{i;} = g^{kl} \Phi^i{}_{;l}.$$

On a donc

$$\mathcal{F}^{ij} = \Phi^{j;i} - \Phi^{i;j}.$$

Prenant la divergence

$$\mathcal{J}^{i} = \Phi^{j;i}{}_{;j} - \Phi^{i;j}{}_{;j}.$$

D'autre part on a l'identité

$$\Phi^{j}{}_{;i;j} - \Phi^{j}{}_{;j;i} = -\Phi^{j} R_{ji}$$

et comme le vecteur φ_i n'est déterminé qu'à un gradient près, on peut toujours faire $\Phi^{j}{}_{;j} = 0$ et l'on a finalement :

$$\Phi^{i;j}{}_{;j} = -\Phi^{j} R^{i}_{j} - \mathcal{J}^{i}.$$

Nous résoudrons cette équation dans le cas du vide $\mathcal{J}^{i} = 0$, avec un espace-temps à courbure isotrope (univers de de Sitter) : $R_{ik} = 3\, g_{ik}/a^2$. L'équation d'onde s'y écrit

$$\varphi^{;j}_{;j} = -\frac{3}{a^2}\varphi,$$

la nature vectorielle de φ cessant d'avoir de l'importance.

$$ds^2 = c^2\, dt^2 - a^2 \operatorname{ch}^2\left(\frac{ct}{a}\right)[d\rho^2 + \sin^2\rho\, d\theta^2 + \sin^2\rho \sin^2\theta\, d\varphi^2].$$

Notons d'ailleurs que le résultat final — en tant que loi physique — est indépendant du choix de la métrique (tant qu'elle satisfait à $R_{ik} = 3g_{ik}/a^2$) car les équations fondamentales sont tensoriellement invariantes.

Pour une onde sphérique, nous posons $\varphi = TR$, et obtenons après séparation des variables :

$$\frac{R''}{R} + 2 \operatorname{cotg}\rho \frac{R'}{R} = -a^2 k^2,$$

$$\frac{\ddot{T}}{T} \frac{a^2 \operatorname{ch}^2\left(\frac{ct}{a}\right)}{c^2} - \frac{\dot{T}}{T} \frac{3a \operatorname{sh}\left(\frac{ct}{a}\right)\operatorname{ch}\left(\frac{ct}{a}\right)}{c} + 3 \operatorname{ch}^2\left(\frac{ct}{a}\right) = a^2 k^2,$$

dont la solution, jusqu'aux termes de l'ordre de $(r/a)^3$ et $(ct/a)^3$ est

$$\varphi = \frac{\varphi_0}{a \operatorname{tg}\left(\frac{r}{a}\right)} e^{ik\left(c\sqrt{1 + \frac{3}{a^2 k^2}}\, t - r\right)}.$$

La vitesse de nos ondes est donc

$$u = c\sqrt{1 + \frac{3}{k^2 a^2}} = c\sqrt{1 + \frac{3\lambda^2}{4\pi^2 a^2}}.$$

Leur vitesse de groupe est :

$$v = u - \lambda \frac{du}{d\lambda} = \frac{c}{\sqrt{1 + \frac{3\lambda^2}{4\pi^2 a^2}}} = \frac{c^2}{u}$$

soit en fonction de la fréquence $\nu = u/\lambda$:

$$v = c\sqrt{1 - \frac{3c^2}{4\pi^2 a^2 \nu^2}}.$$

La masse propre d'un groupe d'ondes est

$$m_0 = \frac{W}{c^2}\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{\sqrt{3}\, W}{2\pi a c \nu}$$

et si ce groupe ne contient qu'un seul photon d'énergie $W = h\nu$, on a

$$\boxed{\mu_0 = \frac{\sqrt{3}\, h}{2\pi a c}.}$$

Nous aurions aussi pu obtenir ce résultat par comparaison de l'équation $\varphi''_{ij} = -(3/a^2)\varphi$ avec l'équation relativiste de Schrödinger

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} - \frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} - \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} - \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2} = -\frac{m^2 c^2}{\left(\frac{h}{2\pi}\right)^2}\psi,$$

mais la méthode employée a l'avantage de montrer que le résultat est indépendant des postulats de la mécanique ondulatoire.

Signalons enfin qu'un résultat du même ordre de grandeur avait déjà été obtenu par Mme Tonnelat, à partir de considérations sur les particules de spin maximum 2 ([1]).

ÉLECTRICITÉ. — *Régime transitoire dans les diélectriques.* Note de MM. **Jean Granier** et **Paul Caillon**, présentée par M. Jean Cabannes.

Lorsque l'on admet la validité du principe de superposition de Boltzmann, des rapports existent entre les propriétes d'un diélectrique soumis soit à un champ alternatif, soit à un champ constant, si le même phénomène d'hystérésis en est responsable.

Dans un tel diélectrique, en effet, le déplacement D, à l'instant t sous l'action d'un champ électrique $E(t)$, appliqué depuis l'instant $t = 0$ s'écrit :

$$(1) \qquad D(t) = \varepsilon_\infty E(t) + \int_0^t E(t - x)\,\varphi(x)\,dx.$$

Cette équation est valable quelle que soit la cause du retard de la polarisation et quelle que soit la forme de la fonction $E(t)$. ε_∞ est la constante diélectrique à fréquence optique ([1]). La fonction d'hérédité $\varphi(x)$ soumise à la condition

([1]) *Cf.* L. de Broglie, *Théorie générale des particules à spin*, p. 191.

([1]) H. Frölich, *Theory of Dielectrics*, Oxford Press, 1949.

$\varphi(\infty) = 0$, exprime qu'il y a un retard de la polarisation sur le champ. Pour faciliter l'interprétation physique du phénomène on est conduit à remplacer cette fonction par la fonction F définie par :

$$\varphi(t) = \int_0^\infty e^{-\frac{t}{\tau}} F(\tau) \frac{d\tau}{\tau}. \tag{2}$$

Ceci revient à supposer qu'il y a une répartition continue des temps de retard ([2]) caractérisée par une fonction de distribution $F(\tau)$.

Il est actuellement d'usage de soumettre le diélectrique à étudier à un champ alternatif $E = E_0 \cos\omega t$. En supposant que la mesure se fait très longtemps après l'établissement du champ alternatif, on déduit de (1) que la composante imaginaire ε'' de la constante diélectrique complexe est la transformée de Fourier de φ

$$\varepsilon''(\omega) = \int_0^\infty \varphi(t) \sin\omega t \, dt \tag{3}$$

d'où

$$\varepsilon''(\omega) = \int_0^\infty \frac{F(\tau)\omega\tau \, dt}{1 + \omega^2\tau^2}. \tag{4}$$

La courbe expérimentale $\varepsilon''(\omega)$ permet de déterminer $F(\tau)$.

Nous avons jugé intéressant d'opérer à champ constant ou, plus exactement, par brusque suppression d'un champ E_0 maintenu constant pendant un temps très long, ce qui nous permet en enregistrant le courant de décharge, d'éliminer les fuites de conductibilité. Il résulte de (1) que ce courant $i(t) = dD/dt$ est, dans ces conditions :

$$i(t) = A\varphi(t). \tag{5}$$

A étant une constante liée à E_0 et à des caractéristiques géométriques. Dans ce cas c'est donc la fonction d'hérédité qui, à un facteur près, est obtenue directement.

Mais on peut remarquer que si dans (2) on pose $\lambda = 1/\tau$ on a

$$\varphi(t) = \int_0^\infty e^{-\lambda t} F\left(\frac{1}{\lambda}\right) \lambda^{-1} \, d\lambda, \tag{6}$$

c'est-à-dire que, à un facteur près, la loi de variation du courant de décharge est la transformée de Laplace de la fonction $F(1/\lambda)\lambda^{-1}$ déduite de la fonction de distribution des temps de retard. Il est donc possible de passer de la fonction $i(t)$ aux fonctions $\varepsilon''(\omega)$ et $F(\tau)$ en utilisant simplement, dans les cas favorables, des tables de transformées de Laplace et de Fourier.

([2]) Dans la théorie des diélectriques ces temps de retard sont appelés temps de relaxation, mais cela entraîne malheureusement des confusions lorsque l'on veut les comparer aux temps de relaxation mécaniques qui ont une signification différente.

Dans des expériences que nous avons effectuées sur des hauts-polymères linéaires la fonction de distribution proposée par K. S. Cole et R. H. Cole ([3]) rend bien compte des propriétés diélectriques en régime sinusoïdal (avec un temps de retard le plus probable de 0,01 s pour un de nos échantillons) mais conduit à un désaccord net avec la forme de la courbe $i(t)$, pour t compris entre 5 et 2000 s. Pour interpréter celle-ci, il est nécessaire de recourir à une autre fonction de distribution centrée sur un temps de retard de quelques centaines de secondes, pour l'échantillon cité. On obtient alors de bons résultats en prenant pour cette deuxième fonction celle proposée par Wagner pour laquelle on dispose de représentations graphiques ([4]) de $\log i$ en fonction de $\log t$ dont nous avons signalé l'intérêt ([5]). Cette deuxième fonction, par contre, ne rend pas compte de la courbe expérimentale $\varepsilon''(\omega)$.

L'existence de deux phénomènes d'hystérésis indépendants l'un de l'autre est donc certaine : on peut attribuer l'un à l'orientation dipolaire et l'autre à une polarisation ionique. La représentation complète des propriétés diélectriques de telles substances exige deux fonctions de distribution indépendantes.

Des considérations tout à fait analogues sont valables dans l'étude des phénomènes d'hystérésis mécanique pour lesquels $\varphi(t)$ joue le rôle d'une vitesse de déformation et $\varepsilon''(\omega)$ le rôle de partie imaginaire de l'inverse du module d'élasticité complexe.

On voit que l'étude des diélectriques en régime transitoire, habituellement délaissée, on peut compléter utilement leur étude en régime sinusoïdal.

ÉLECTRICITÉ. — *Résistance électrique en haute fréquence et basses températures des dépôts métalliques minces.* Note de Mlle **Suzanne Offret** et M. **Boris Vodar**, présentée par M. Eugène Darmois.

En haute fréquence (H. F.), la résistance est plus faible et son coefficient de température devient plus grand en valeur algébrique et peut même passer du signe négatif au signe positif. Les capacités intergranulaires formant un court-circuit en HF doivent être responsables de ces effets; aux fréquences assez élevées on peut espérer obtenir la conductance propre des grains métalliques.

La conduction en courant continu dans les couches métalliques minces fait intervenir la résistance des barrières intergranulaires ([1]) et on pouvait penser [*voir* par ex. ([2])] que ces barrières pourraient être mises en évidence par leurs effets capacitifs en haute fréquence.

([3]) *J. Chem. Phys.* 9, 1941, p. 341.

([4]) F. Jahnke et F. Emde, *Funktionentafeln* Dover Publications, 1945.

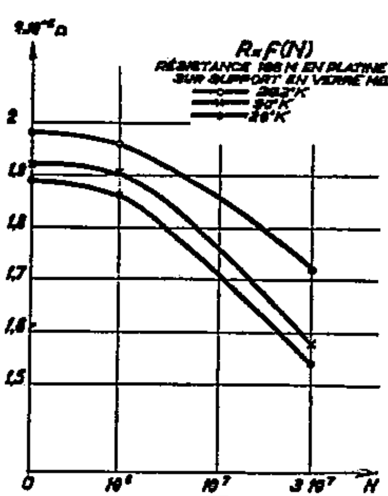
([5]) J. Granier et P. Caillon, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2232.

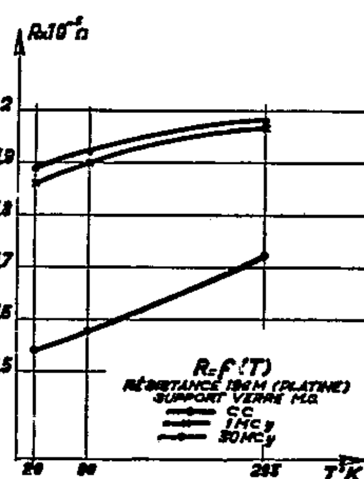
([1]) N. Mostovetch et B. Vodar dans *Semiconducting materials*, p. 260, H. K. Henisch, Butterworths Publ. London, 1951.

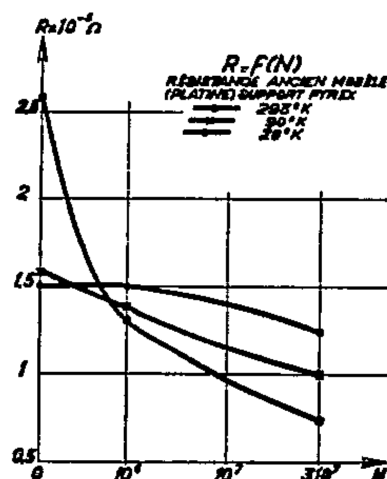
([2]) J. N. Humphrey, F. Z. Lummis et W. W. Scanlon, *Phys. Rev.*, 90, (1), 1953, p. 111.

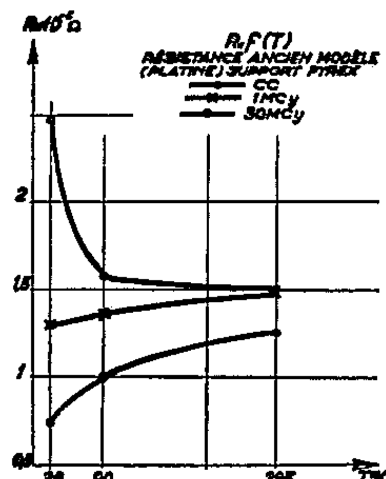
Des recherches dans ce sens ont été commencées en 1953 et ont abouti à quelques résultats préliminaires se rapportant uniquement à des résistances de notre type usuel, à couche de platine obtenues par évaporation sous vide et ayant environ 1 mm de large et 10 mm de long sur verre MO (ou pyrex) en ampoules scellées et vidées. Les mesures H.F. ont été faites avec un conductance-mètre par la méthode de substitution (après avoir obtenu la résonance on remplace la résistance inconnue par une résistance étalonnée). Les valeurs données sont celles de la partie résistive de l'impédance de la couche.

Nous avons vérifié que les pertes diélectriques dans le verre sont négligeables devant la résistance des couches étudiées malgré l'accroissement de tg δ aux très basses températures [3]. Des précautions ont été prises lors des mesures à basse température pour éviter les erreurs dues à l'humidité sur les isolants. Pour les valeurs ohmiques inférieures à $10^6\,\Omega$ auxquelles nous nous sommes limités, l'erreur totale est de $\pm 10\,\%$ au maximum.


Fig. 1.


Fig. 2.


Fig. 3.


Fig. 4.

En H.F. la valeur observée de la résistance R a toujours été inférieure à la valeur en courant continu. La décroissance est peu sensible à 1 MHz et à la température ordinaire ce qui montre que la valeur technique des couches métalliques minces est incontestable. A 30 MHz, l'effet est plus prononcé et s'amplifie surtout aux basses températures. Le coefficient de température $\Delta R/\Delta T$ en valeur algébrique est plus grand en H. F. qu'en courant continu, un coefficient négatif en courant continu peut même devenir positif en H.F. Les figures 1, 2, 3 et 4 illustrent l'allure de ces variations. Pour rendre les figures 1 et 3 plus lisibles, on a porté la fréquence N en mégahertz sur une échelle en racine cubique de N.

Le rôle des capacités par rapport à la masse est pratiquement éliminé de nos mesures. L'effet de la capacité répartie [*cf.* [2]] du conducteur sur

---

[3] J. E. Stanworth, *Physical Properties of Glass*, p. 137, Clarendon Press, Oxford, 1950.

la variation de R avec la fréquence doit être très faible avec les dimensions de nos couches; en outre, cet effet est tel que la variation de R/R_{cc} en fonction de NR_{cc} qui lui est due doit être presque indépendante de la température, et nous avons vérifié que ce n'est pas le cas. Nos mesures mettent donc bien en évidence les barrières intergranulaires dans les couches métalliques minces par les capacités qui leur sont associées.

Une étude plus détaillée en fonction de la fréquence constituera un procédé intéressant pour préciser la nature des barrières. D'autre part, on peut dès maintenant raisonnablement espérer atteindre à des fréquences assez élevées, un palier correspondant à la mise en court-circuit capacitif des résistances intergranulaires. On atteindrait ainsi la résistivité propre des agrégats métalliques de la couche, dont la connaissance serait intéressante du point de vue de la théorie de la conduction métallique parce que les grains sont très petits (petit nombre total d'atomes) ou au moins très plats (conduction dans un solide à deux dimensions).

Les variations décrites ci-dessus sont entièrement réversibles en fonction de N et T. Mais sous l'action de la tension H.F. on observe en outre fréquemment des variations irréversibles surtout si la tension (30 V) est appliquée à basse température. La résistance soit augmente et devient infinie, soit diminue de plusieurs puissances de 10 et se fixe vers $10^4\,\Omega$. Ces effets irréversibles constituent peut-être un moyen de vieillissement artificiel des résistances pelliculaires; ils sont vraisemblablement dus au fait que la tension H.F. provoque précisément un échauffement des parties mal organisées et par suite peu conductrices du film.

ÉLECTRONIQUE. — *Détermination de la « température électronique » dans la décharge dans les gaz excités en ultra-haute fréquence.* Note de MM. **Michel Bayet** et **François Guérineau**, présentée par M. Jean Cabannes.

Mesure de la température électronique T_e dans un gaz excité en haute fréquence; dans un large domaine de pression (0,13 à 11 mm Hg) et d'intensité d'excitation (densité électronique variant dans un rapport de 1 à 80), T_e reste sensiblement constant : 30000°K à 10 % près dans l'air sec.

Nous nous sommes proposés de déterminer l'énergie des électrons dans un gaz ionisé, en adaptant la méthode utilisée par Langmuir à partir de 1925 dans le cas d'une décharge en courant continu ([1]) à celui d'une décharge sans électrodes excitée en ultra-haute fréquence, procédé qui présente des avantages considérables pour l'étude des propriétés des gaz ([2]). La méthode « à deux

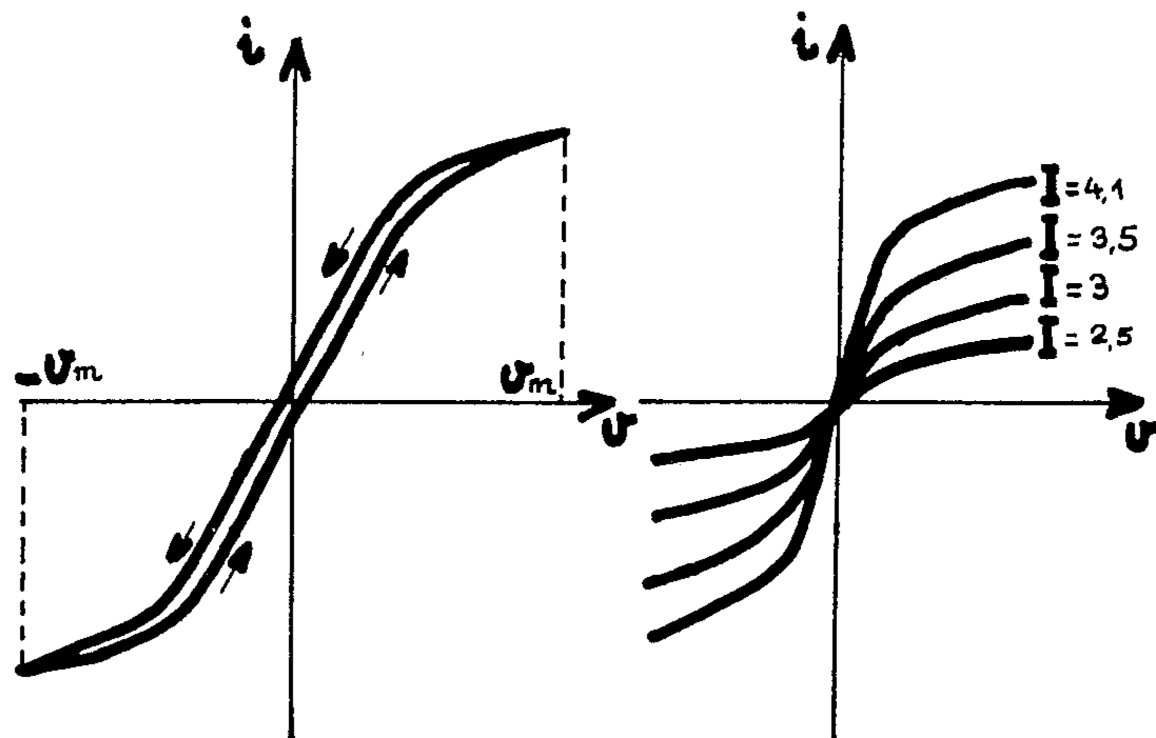
([1]) I. Langmuir, *Phys. Rev.*, 26, 1925, p. 585.

([2]) M. Bayet, *Revue Scientifique*, 89, 1951, p. 351.

sondes » que nous avons utilisée est celle qui a été préconisée par Johnson et Malter pour l'étude de la désionisation des gaz après cessation de leur excitation ([3]).

On sait que l'étude des « caractéristiques de sonde » permet de déterminer la forme de la fonction de distribution des vitesses électroniques, et que celle-ci a toujours été trouvée maxwellienne, même à des pressions et avec des dimensions de tube telles qu'elle devrait être fortement anisotrope : l'interaction des électrons devrait être environ 1 000 fois supérieure aux valeurs théoriques pour rendre compte des résultats expérimentaux ([4]). Quoi qu'il en soit, ceci permet de caractériser l'énergie des électrons considérés par une « température électronique » T_e.

Le gaz étudié se trouvait dans un tube en pyrex cylindrique à fonds plats plats ($\varnothing = 5$ cm; $h = 2$ à 4 cm) placé entre deux plaques de laiton circulaires de diamètre un peu supérieur fixées à l'extrémité d'une ligne de Lecher oscillant sur 110 MHZ, l'intensité de l'excitation étant repérée au moyen du débit plaque du générateur H. F., formé de deux triodes TS 41. Le tube à décharge restait en communication, à travers un piège à air liquide, avec la



canalisation de remplissage, ce qui permettait de contrôler la pression du gaz p à la jauge de Mac Leod. Les deux sondes, cylindriques, en tungstène ($\varnothing = 0,8$ mm; le diamètre, entre 0,5 et 1 mm, est sans influence sur la valeur de T_e), sont situées dans la section médiane du tube, parallèles, distantes de 1 cm, et pénètrent dans le tube d'une longueur égale à son rayon. Le circuit de mesure doit être particulièrement bien blindé contre les parasites H. F.

Nos résultats confirment l'existence d'une distribution maxwellienne dans

([3]) JOHNSON et MALTER, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 50.

([4]) D. GABOR, *Brit. J. Appl. Phys.*, 2, 1951, p. 209; *Proc. of the Conference on Dynamics of ionized Media*, London, 1951.

tout le domaine couvert par nos mesures. Les caractéristiques (i, v) présentent la forme classique : partie rectiligne au voisinage de l'origine, coude, puis nouvelle partie rectiligne de pente beaucoup plus faible correspondant à la saturation; mais, si l'on fait varier la différence de potentiel entre les deux sondes de $-v_m$ à $+v_m$, puis de $+v_m$ à $-v_m$, on obtient une courbe sensiblement symétrique, présentant un léger hystérésis (*figures*). Pour chaque expérience, caractérisée par les valeurs de p et de I, nous avons indiqué, dans le tableau ci-dessous, qui résume nos travaux sur l'air : 1° la température électronique (T_e °K); 2° entre parenthèses, le courant de saturation de sonde i_s, en μA, quantité proportionnelle à la densité électronique n dans la décharge (on peut prendre ici, comme ordre de grandeur, $n = 10^9\, i_s$).

I. p.........	0,13.	0,22.	0,36.	0,66.	1,2.	2,2.	4,4.	7.	11,6.
2............	32 600	31 000	–	–	–	–	–	–	–
	(53)	(27)							
2,5..........	35 800	30 400	34 600	29 100	–	–	–	–	–
	(127)	(80)	(60)	(39)					
3............	34 900	29 800	33 900	28 200	28 600	30 800	–	–	–
	(368)	(200)	(121)	(69)	(35)	(16)			
3,5..........	33 000	30 500	32 000	31 300	29 700	30 700	–	–	–
	(450)	(252)	(268)	(138)	(60)	(26)			
4,1..........	26 800	29 200	28 300	31 200	28 200	29 800	28 900	–	–
	(440)	(340)	(480)	(255)	(97)	(50)	(18)		
4,7..........	–	29 000	28 800	31 700	32 400	33 200	30 600	25 600	–
		(384)	(610)	(340)	(146)	(71)	(29)	(11)	
5,5..........	–	28 500	27 200	30 200	28 700	33 200	29 800	26 800	27 800
		(562)	(860)	(540)	(295)	(128)	(51)	(27)	(14)
6,5..........	–	–	–	–	29 200	31 300	28 800	29 700	29 900
					(613)	(250)	(93)	(53)	(30)
7,5..........	–	–	–	–	34 300	33 000	32 600	29 100	29 800
					(835)	(570)	(134)	(79)	(51)
8,5..........	–	–	–	–	–	–	–	28 300	29 000
								(100)	(172)

On constate que T_e reste sensiblement égal à 30 000 °K, pour des variations relatives de pression allant de 1 à 90, et de densité électronique de 1 à 80. Nous reviendrons ultérieurement sur l'interprétation de ces résultats.

LUMINESCENCE. — *Recherches sur la stimulation de la phosphorescence de l'oxyde de calcium*. Note de MM. **Albert Crozet** et **Joseph Janin**, présentée par M. Jean Cabannes.

La phosphorescence de l'oxyde de calcium est fortement stimulable. Les caractères du phénomène dépendent de la nature de l'activateur introduit. En particulier, dans le cas des terres rares, il se produit une recapture importante des électrons libérés par stimulation.

On a étudié la stimulation de la phosphorescence de l'oxyde de calcium activé par le plomb, le manganèse, le praséodyme, le samarium et l'europium (¹). On observe deux phénomènes distincts :

1. Une stimulation dite « momentanée », caractérisée par une augmentation sans inertie appréciable de l'intensité lumineuse et une décroissance instantanée de cette intensité jusqu'à sa valeur résiduelle, lorsque cesse l'irradiation stimulatrice. Ce phénomène se manifeste à la fois pour l'émission du plomb et, par effet sensibilisateur, pour celle du deuxième activateur.

2. Une stimulation « retardée », particulière à l'émission des terres rares. Elle se produit avec une inertie importante et l'intensité décroît lentement quand on supprime l'action du rayonnement stimulateur.

Spectres de stimulation. — Les radiations de longueur d'onde inférieure à 1,6 μ provoquent la stimulation « momentanée »; la courbe spectrale de sensibilité présente deux maxima, l'un relativement faible vers 1,3 μ et l'autre beaucoup plus important vers 0,55 μ (²). Dans le cas de la stimulation « retardée », cette même courbe possède encore deux maxima, vers 0,43 et 0,32 μ et la limite de « stimulabilité » se situe à 1,1 μ.

Sommes optiques de lumière. — On a comparé les sommes de lumière émises par stimulation (S_0), par élévation de température (S_t) et en phosphorescence normale (S_d). Les rapports S_0/S_t et S_0/S_d sont pratiquement égaux à l'unité, dans le cas de la stimulation « momentanée ». On en déduit que les électrons libérés par stimulation proviennent uniquement des pièges qui peuvent être vidés par activation thermique. Il n'existe pas, dans les produits étudiés, de pièges très profonds indécelables en thermoluminescence (³), car on n'observe pas de stimulation à température ambiante lorsque la substance est excitée à haute température (⁴).

Le rapport S_0/S_t correspondant à la stimulation « retardée » est supérieur à l'unité lorsque la substance contient à la fois des centres plomb et terre rare [par exemple pour Ca O(Pb, Sm) : $S_0/S_t = 2,8$], alors que le rapport S_t/S_d est toujours égal à 1. La stimulation aboutit ici non seulement à l'éjection des électrons qui, dans la phosphorescence, sont responsables de l'émission de la terre rare, mais aussi à la libération de ceux qui interviennent normalement dans l'émission du plomb.

Pièges mis en jeu dans la stimulation. — De nombreux résultats (concernant la thermoluminescence après stimulation, la « stimulabilité » à différents stades du déclin et l'influence identique des diverses radiations du spectre de stimu-

(¹) J. JANIN et A. CROZET, *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 91-92 S; A. CROZET, J. FIGUET et J. JANIN, *J. Phys Rad.*, 14, 1953, p. 12-13 S.

(²) J. JANIN, A. CROZET et P. CLERC, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 934.

(³) A. CROZET, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 46-47 S.

(⁴) C. BULL et D. E. MASON, *J. Opt. Soc. Amer.*, 41, 1951, p. 718-726.

lation) montrent que le phénomène affecte sans distinction les électrons capturés dans les divers pièges de la substance. Par ailleurs, le déclin sous stimulation ne correspond à aucune loi simple, ce qui semble impliquer un mécanisme complexe. D'une façon générale, il est impossible de trouver une relation quelconque entre la profondeur des pièges déduite des courbes de thermoluminescence et la forme du spectre de stimulation.

Recapture des électrons libérés. — On a comparé les courbes de thermoluminescence obtenues sans stimulation et après une stimulation partielle à basse température; dans les deux cas, la substance était excitée à la température ordinaire, puis refroidie dans l'air liquide. Contrairement à la stimulation « momentanée », la stimulation « retardée » s'accompagne d'une recapture importante des électrons libérés. La recapture peut avoir lieu dans tous les pièges vides, quels qu'ils soient, pourvu qu'il existe, à l'instant considéré, des pièges remplis plus profonds ([5]). Ces résultats sont en accord avec ceux qui se rapportent à l'inertie et au déclin après stimulation.

Influence de la température sur la stimulation. — On n'a pas observé, sur les substances étudiées, une influence comparable à celle qu'ont signalée Garlick et Mason ([6]). Ainsi, à -196°C, la stimulation se produit dans les mêmes conditions qu'à la température ordinaire.

Essai d'interprétation. — Il semble que le phénomène de stimulation « momentanée » soit lié aux centres plomb et que la stimulation « retardée » fasse intervenir plus directement le réseau. Cette hypothèse s'appuie sur le fait que le plomb forme dans le réseau de la chaux des centres étendus comprenant des ions du cristal ([7]). Les pièges responsables de la phosphorescence seraient alors liés aux centres et, dans le premier type de stimulation, l'action du rayonnement stimulateur produirait seulement l'éjection des électrons contenus dans ces pièges et leur recombinaison avec le centre originel vide. Le mécanisme serait donc proche de celui qu'on a admis pour la phosphorescence de CaO(Pb) ([5]) et la recapture serait, par suite, négligeable.

Dans le deuxième cas, la stimulation s'exercerait sur les électrons capturés dans tous les pièges du réseau. Il est probable qu'ici, les électrons libérés se déplacent dans le cristal et peuvent ainsi subir la recapture. Lorsque la substance contient du plomb avec la terre rare, il est possible qu'intervienne, en outre, un transfert d'énergie des centres plomb aux centres terre rare. L'électron capturé dans un piège lié à un centre plomb et libéré par stimulation repasserait sans émission au niveau fondamental de ce centre; simultanément, se produirait une ionisation d'un centre terre rare qui serait alors susceptible

---

([5]) A. Crozet, *Thèse*, Lyon, 1954.
([6]) G. F. J. Garlick et D. E. Mason, *J. Electrochem. Soc.*, 96, 1949, p. 90-113.
([7]) J. Ewles et N. Lee, *J. Electrochem. Soc.*, 100, 1953, p. 392-398.

d'émettre, par recombinaison, son rayonnement caractéristique. On peut expliquer par ce mécanisme les valeurs élevées de la somme optique de lumière dont on a parlé plus haut.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude de la variation de section efficace de fission de* ^{239}Pu *dans le domaine thermique et épithermique* (1). Note de MM. **Georges Vendryes**, **Pierre Hubert** et **Jean-Michel Auclair**, présentée par M. Francis Perrin.

L'utilisation d'un spectromètre à neutrons par diffraction a permis de comparer en fonction de l'énergie, la section efficace de fission de ^{239}Pu à celle de la réaction $^{10}B(n, \alpha)^7Li$. La courbe obtenue révèle que dans le domaine étudié (10^{-2} à 0,95 eV), le ^{239}Pu présente une résonance de fission située à 0,300 ± 0,005 eV et dont la largeur est égale à 0,09 ± 0,01 eV.

Principe des mesures. — Cette étude a été effectuée au moyen d'un spectromètre à diffraction cristalline utilisant un faisceau de neutrons issus de la pile de Saclay.

Nous avons employé comme monochromateur un cristal de Lif par réflexion sur les plans [111]. Le pouvoir séparateur était fixé par les dimensions du collimateur ($240 \times 6 \times 1$ cm).

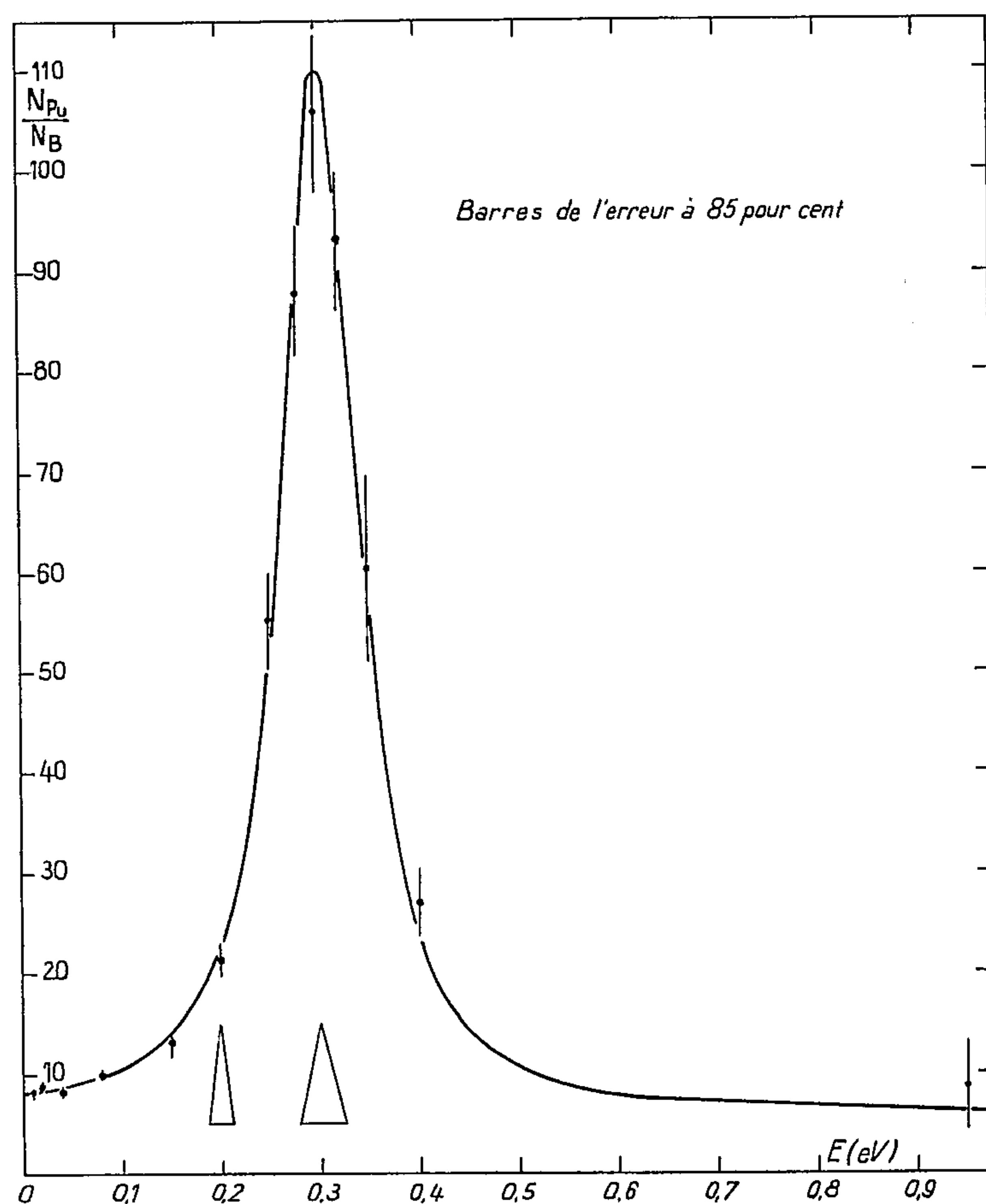
Les détecteurs utilisés ont été successivement une chambre d'ionisation contenant un dépôt de 2 mg environ de fluorure de plutonium, une chambre d'ionisation identique contenant un dépôt d'anhydride borique et un compteur à BF_3 enrichi. Le fait d'utiliser deux chambres identiques élimine les erreurs éventuelles que pourrait provoquer l'emploi de deux géométries différentes, mais pour les mesures effectuées dans le domaine des énergies supérieures à 0,15 eV où la sensibilité de la chambre à B_2O_3 était insuffisante, nous avons utilisé le compteur à BF_3. Nous nous sommes assurés que les indications de ces deux détecteurs concordaient sur un domaine suffisant d'énergie des neutrons incidents.

Résultats. — Le résultat des mesures est porté sur la figure 1 qui représente, en fonction de l'énergie des neutrons incidents en électron-volts, le rapport N_{Pu}/N_B du taux de comptage en fissions de la chambre d'ionisation à plutonium, au taux de comptage en α de la chambre d'ionisation à bore, après déduction des bruits de fond. Au delà de 0,15 eV, le nombre N_B employé résulte des comptages effectués avec le compteur à BF_3, corrigés pour tenir compte des efficacités différentes de ce détecteur et de la chambre d'ionisation à bore.

La section efficace de la réaction $^{10}B(n, \alpha)^7Li$ suivant une loi en $1/v$, ce

(1) Document retiré du pli cacheté n° 13322, déposé le 12 avril 1954, ouvert à la demande des auteurs le 11 octobre 1954.

rapport N_{Pu}/N_B est proportionnel au produit $\sigma_f v$ de la section efficace de fission de ^{239}Pu par la vitesse des neutrons. Cela ne serait pas tout à fait exact si le faisceau de neutrons diffracté comportait une contamination importante due aux diffractions d'ordre supérieur à 1; l'emploi du cristal de LiF nous assure que tel n'est pas le cas; aussi, pouvons-nous à juste titre considérer que la figure 1 représente, en unités arbitraires, la variation du produit $\sigma_f v$ en fonction de l'énergie des neutrons.



On remarque l'existence d'une résonance de fission dont le maximum est à 0,300 ± 0,005 eV. La largeur à mi-hauteur observée (0,09 ± 0,01 eV) représente la largeur vraie du niveau correspondant.

Il n'est pas possible de décrire la variation de σ_f dans le domaine étudié de 0,01 à 1 eV au moyen d'une loi de Breit et Wigner à un seul niveau. Par contre, cette variation peut être représentée par une formule empirique de la forme

$$\sigma_f v = \text{const.} \left[1 + \frac{0,037}{(E_{eV} - 0,3)^2 + \frac{(0,09)^2}{4}} \right].$$

La courbe représentative de cette formule est tracée en trait noir sur la figure 1. On peut ajuster la constante arbitraire de telle sorte qu'on retrouve la valeur déclassée de 664 barns pour la section efficace de fission de ^{239}Pu moyennée sur un spectre maxwellien de neutrons de vitesse la plus probable 2 200 m/s.

On trouve ainsi

$$\sigma_{f\,\text{barns}} = \frac{72,8}{\sqrt{E_{eV}}}\left[1 + \frac{0,037}{(E_{eV} - 0,3)^2 + 0,002}\right].$$

Étant donnée l'incertitude avec laquelle la valeur déclassée est définie, l'expression ci-dessus ne peut donner qu'un ordre de grandeur. Sous cette réserve, on trouve que σ_f a la valeur 680 barns pour des neutrons de 2 200 m/s (sur lesquels 200 barns seulement sont attribuables à l'effet de la résonance à 0,3 eV) et que σ_f a la valeur 2 600 barns pour des neutrons de 0,3 eV, au pic de la raie,

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'acidité des polynitrobenzènes.* Note de M. **Robert Schaal**, présentée par M. Eugène Darmois.

Les polynitrobenzènes présentent une acidité très faible (1) et nous avons déjà utilisé cette propriété pour établir une fonction d'acidité dans les mélanges d'eau et d'éthylènediamine (2), à l'aide du dinitro-1.3 benzène; nous nous sommes proposé de déterminer les constantes d'ionisation d'une série de ces composés.

Lorsque la fonction d'acidité d'un tel mélange d'eau et d'éthylènediamine est connue, le pK d'un composé faiblement acide peut se calculer par la formule suivante :

$$pK = H - \log\frac{C_{B^-}}{C_{BH}},$$

où C_{B^-} et C_{BH} représentent les concentrations du corps sous forme d'ion et sous forme de molécule neutre. Nous avons déterminé ces concentrations par la méthode spectrophotométrique qui revient à tracer les spectres d'absorption du composé en solution dans des mélanges dont la teneur en éthylènediamine augmente. D'après ces courbes, on choisit la longueur d'onde pour laquelle l'ion et la molécule présentent la plus grande différence d'absorption, de manière à effectuer les mesures du coefficient d'ionisation $\alpha = C_{B^-}/(C_{B^-} + C_{BH})$ avec la plus grande précision possible.

(1) G. Briegleb et G. Angerer, *Angew. Chem.*, 64, 1952, p. 685.

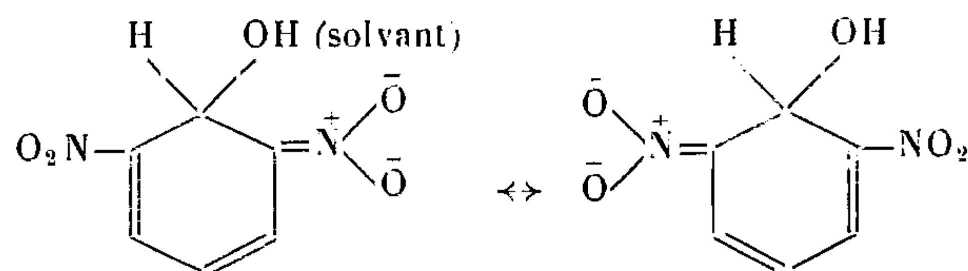
(2) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2156.

Les résultats ci-dessous furent obtenus dans les mélanges d'eau et d'éthylènediamine, dont la fonction d'acidité croît jusqu'à 19 :

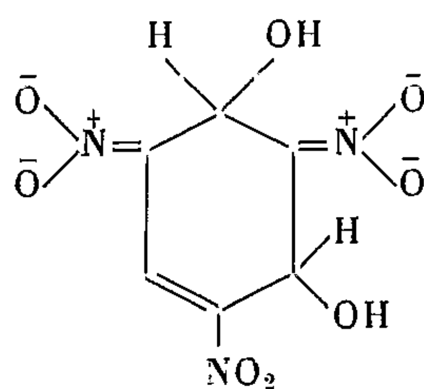
		λ (Å).
Trinitrobenzène, deux ionisations	pK_1 14,40	5 150
	pK_2 18,00	5 250
Trinitrotoluène, deux ionisations	pK_1 14,45	5 250
	pK_2 17,55	4 700
Trinitrométaxylène, une ionisation	(pK 16,05)	5 700
Dinitro-2.6 toluène / Dinitro-1.3 mésitylène	aucune ionisation de pK < 19	
Dinitro-2.4 toluène, une ionisation	(pK 17,12)	4 100
m-Dinitrobenzène ([1]), une ionisation	(pK 16,80)	5 500

Pour que des polynitrobenzènes présentent une acidité mesurable dans ce milieu (c'est-à-dire dont le pK soit < 19) il faut qu'il existe au moins un atome d'hydrogène en *ortho* par rapport à deux groupements nitro.

Cependant H. Brockmann et E. Meyer ([3]) ont effectué des courbes de titrage dans l'éthylènediamine anhydre à l'aide de méthylate de sodium et signalent d'autre sacidités possibles. En fonction de leurs résultats et des nôtres, nous pensons que le mécanisme de l'ionisation des polynitrobenzènes résulterait plus d'une anti-basicité, que du départ d'un ion H^+, et l'ion donné par le dinitro-1.3 benzène pourrait se représenter par les schémas de valence :



Le deuxième ion du trinitrobenzène pourrait se représenter par un schéma de valence analogue à celui ci-dessous :



ce qui rendrait compte de l'effet hypsochrome, produit par cette deuxième ionisation.

([3]) *Ber.*, 87, 1954, p. 81-86.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de l'effet électrovisqueux : variation de K avec la conductibilité du milieu.* Note de MM. **Pierre Marguier** et **Jean-Baptiste Donnet**, transmise par M. Jacques Duclaux.

Dans une précédente Note [1] nous avions montré que la viscosité d'un hydrosol de noir de carbone, constitué en première approximation par des particules sphériques rigides [2], électriquement chargées, dépendait de la constante diélectrique du milieu,

Nous nous sommes proposé de chercher comment variait, avec la conductibilité du milieu, la constante K de la loi d'Einstein $\eta_r = 1 + K\varphi$, η_r étant la viscosité relative de la solution dont la concentration en volume est φ.

L'hydrosol utilisé ici est le même que précédemment : rappelons que les sols aqueux de noir de carbone sont rendus stables par oxydation superficielle des particules à l'hypochlorite, ce qui crée vraisemblablement, entre autres, des groupements superficiels —COOH. Les mesures ont été faites avec un viscosimètre Ubbelohde, les concentrations en noir de carbone n'ayant jamais dépassé 0,8 g pour 100 cm^3 de telle sorte que la solution se comporte comme une solution infiniment diluée.

Le tableau I donne les résultats obtenus lorsque le milieu de dispersion contient du chlorure de potassium, le tableau II donne les résultats lorsque le milieu contient de l'acide chlorhydrique.

Si l'on porte ces deux séries de résultats sur un graphique donnant K en fonction de $\varkappa$, on voit que les deux courbes ont la même allure; les phénomènes étant réversibles sur la branche A de chacune des courbes, la réversibilité étant imparfaite sur la branche B, qui ne peut être prolongée du fait de la floculation des sols. On rapprochera ces courbes de celles de A. Dobry [3].

Tableau I.

Concentration de KCl dans l'eau en mole par litre.	Conductibilité du solvant $\varkappa.10^6$ [4] à 25°C.	K.
10^{-3}	140	7,0
$3,96.10^{-3}$	580	7,1
$1,1 .10^{-2}$	1 500	7,4
2,99 »	5 800	8,1
4,98 »	6 680	10,7
6,0 »	8 060	12,2
6,49 »	8 420	15,8

(1) J.-B. Donnet et P. Marguier, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1519.

(2) J.-B. Donnet, *J. Chim. Phys.*, 50, 1953, p. 380.

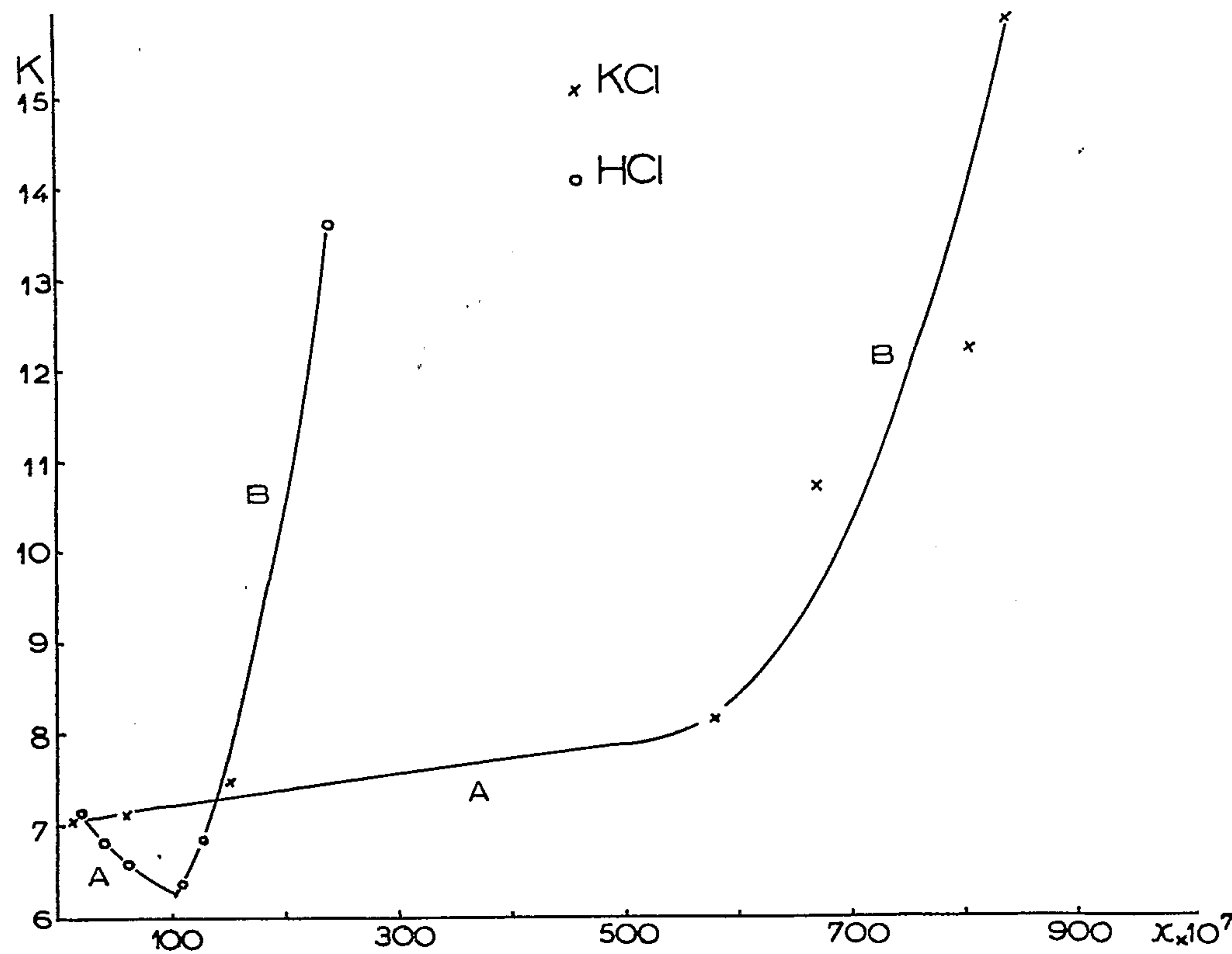
(3) *J. Chim. Phys.*, 48, 1951, p. 28.

(4) *Tables annuelles de données et constantes numériques*, IV, (2), p. 939.

Tableau II.

Concentration d'HCl en mole par litre.	pH de la solution pour une concentration en noir de 0,5 %.	pH du solvant.	Conductibilité du solvant $\varkappa.10^6$ à 25°C (5).	K.
5.10^{-4}	6,9	3,4	210	7,1
10^{-3}	5,6	3,2	420	6,8
1,5 »	–	–	620	6,6
2,5 »	3,2	2,8	1 080	6,3
3 »	3,1	2,7	1 260	6,8
5 »	2,75	2,6	2 400	13,6

Nous remarquerons que la valeur minimum de K obtenue ici : K = 6,1 est très voisine du minimum observé dans l'étude précédente (1) K = 5,8, et diffère notablement de la valeur théorique calculée par Einstein K = 2,5.



D'autre part les valeurs différentes de K observées ici pour une même conductibilité des sols aqueux contenant KCl ou HCl peuvent être dues à la variation du potentiel électrique propre de la particule consécutive à la rétro-

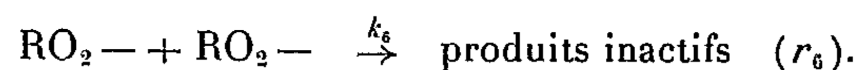
(5) *Ibid.*, VI, p. 1094.

gradation de la dissociation des groupements —COOH superficiels en présence des ions H^+ ajoutés, ce qui se manifeste aussi par l'allure de la variation du pH du sol en fonction de la concentration d'HCl.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Inhibition par l'hydroquinone de la photo-oxydation de l'éther benzylique liquide à* 15° C. Note (*) de MM. **Louis Debiais, Michel Niclause** et **Maurice Letort**, présentée par M. Paul Pascal.

En accord avec l'interprétation de l'oxydation de l'éther benzylique par un mécanisme en chaînes ([1]), ([2]), l'expérience montre que l'hydroquinone (antioxydant classique) inhibe fortement cette réaction, qu'elle soit initiée photochimiquement ou qu'elle soit induite par le peroxyde de benzoyle ou par l'azo-*di*-isobutyronitrile.

1. Il a été montré précédemment ([1]) que dans l'oxydation de l'éther benzylique liquide, vers 15°C et à des pressions d'oxygène de l'ordre de 200 mm Hg, la concentration des radicaux R— ([3]) est négligeable devant celle des radicaux RO_2— et que, par suite, le seul processus de rupture des chaînes important, en l'absence d'inhibiteur, est :



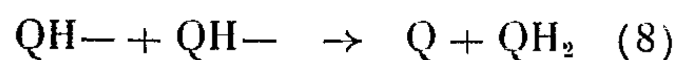
$$RO_2- + RO_2- \xrightarrow{k_6} \text{produits inactifs} \quad (r_6).$$

D'après J. L. Bolland et P. Ten Have ([4]) et Melville et coll. ([5]), ([6]), l'influence inhibitrice de l'hydroquinone (QH_2), dans des réactions d'oxydation du même type, aurait pour cause la participation, à la rupture des chaînes, du nouveau processus :



$$RO_2- + QH_2 \xrightarrow{k_7} ROOH + QH- \quad (r_7)$$

suivi de :



$$QH- + QH- \rightarrow Q + QH_2 \quad (8)$$

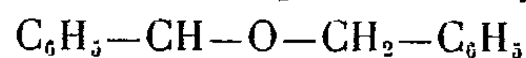
En présence d'une concentration suffisante de QH_2, l'importance du processus r_6 deviendrait négligeable devant celle du processus r_7 et le schéma

(*) Séance du 11 octobre 1954.

([1]) L. Debiais, M. Niclause et M. Letort, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 539.

([2]) L. Debiais, P. Horstmann, M. Niclause et M. Letort, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 587.

([3]) Comme précédemment ([1]), ([2]), nous représenterons par R— le radical :



$$C_6H_5-CH-O-CH_2-C_6H_5$$

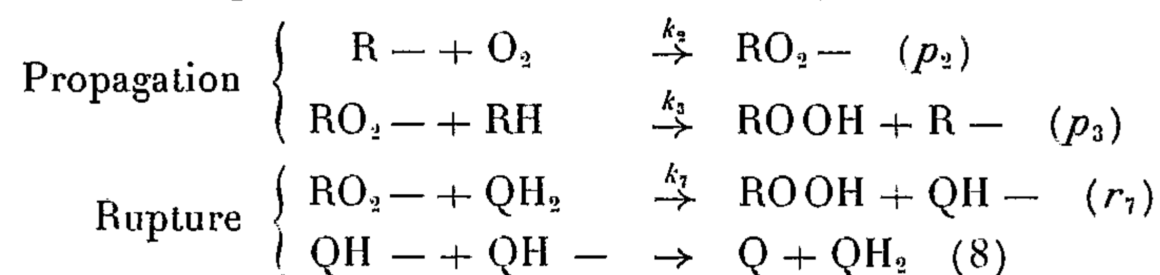
([4]) *Trans. Far. Soc.*, 43, 1947, p. 201.

([5]) H. R. Cooper et H. W. Melville, *J. Chem. Soc.*, 1951, p. 1984.

([6]) T. A. Ingles et H. W. Melville, *Proc. Roy. Soc.*, A 218, 1953, p. 175.

de la réaction d'oxydation inhibée se réduirait alors pratiquement à :

Initiation : production de radicaux libres (i)



$$\text{Propagation} \begin{cases} R- + O_2 \xrightarrow{k_2} RO_2- & (p_2) \\ RO_2- + RH \xrightarrow{k_3} ROOH + R- & (p_3) \end{cases}$$

$$\text{Rupture} \begin{cases} RO_2- + QH_2 \xrightarrow{k_7} ROOH + QH- & (r_7) \\ QH- + QH- \rightarrow Q + QH_2 & (8) \end{cases}$$

Si les chaînes sont encore suffisamment longues, la vitesse V_r de l'oxydation inhibée, calculée à partir de ce mécanisme, est donnée par la relation :

$$\text{(I)} \qquad V_r = \frac{k_3}{k_7} \frac{v_i}{(QH_2)} (RH)$$

qui peut encore s'écrire :

$$\text{(II)} \qquad \frac{1}{V_r} = \frac{k_7 (QH_2)_0}{k_3 (RH) v_i} - \frac{k_7}{2 k_3 (RH)} t,$$

en désignant par v_i la vitesse d'initiation des chaînes et par t la durée de la réaction.

Rappelons que si la réaction est initiée photochimiquement, on a :

$$v_i = \varphi I_a$$

en désignant par I_a l'intensité lumineuse absorbée et par φ le rendement quantique primaire de l'initiation des chaînes.

2. Nous avons cherché à vérifier expérimentalement les prévisions du schéma précédent en étudiant, à titre d'exemple, l'influence inhibitrice de QH_2 sur la photo-oxydation de l'éther benzylique liquide, à 15° C, sous une pression d'oxygène voisine de 200 mm Hg et pour des valeurs de I_a de l'ordre de grandeur de 10^{-7} Einstein.l^{-1}.s^{-1}.

A des concentrations de QH_2 voisines de 2.10^{-4} mole.l^{-1}, nos résultats expérimentaux confirment le mécanisme proposé :

a. en accord avec la relation théorique (II), $1/V_r$ décroît linéairement en fonction du temps, au cours d'une même manipulation, et la pente de la droite est indépendante de la concentration initiale de QH_2;

b. toutes choses égales d'ailleurs, V_r est proportionnel à I_a et la vitesse initiale V_{r_0} est inversement proportionnelle à la concentration initiale de QH_2, comme le laissait attendre la relation (I).

3. Ces expériences d'inhibition permettent en outre d'atteindre, par la méthode de calcul préconisée par Cooper et Melville ([5]), la vitesse v_i d'initiation des chaînes dans la photo-oxydation de l'éther benzylique liquide et, en comparant la valeur ainsi obtenue à la vitesse de photo-oxydation en l'absence d'inhibiteur ([1]), d'évaluer $k_3 (2k_6)^{-1/2}$, qui mesure, en quelque sorte, l'« oxydabilité » de l'éther benzylique à des pressions d'oxygène « notables ». On

trouve ainsi, à 15°C :

$$k_3(2k_6)^{-\frac{1}{2}} \simeq 6.10^{-3}\ \text{mole}^{-\frac{1}{2}}.\text{l}^{\frac{1}{2}}.\text{s}^{-\frac{1}{2}}.$$

Cette valeur est du même ordre de grandeur que celles déterminées pour diverses substances éthyléniques et est nettement inférieure à celles observées pour des aldéhydes à 15°C ([5]), ([6]).

MÉTALLURGIE. — *Désiliciation et désulfuration des fontes à l'aide d'un seul laitier.* Note (*) de M. **René Perrin**, présentée par M. Albert Portevin.

Le double problème d'une désiliciation partielle et d'une désulfuration notable des fontes fait l'objet de recherches dans le monde entier, en présence de son grand intérêt économique. L'abaissement de la teneur en silicium permet de régulariser l'opération au convertisseur Thomas et de diminuer la durée des opérations en four Martin, au prix d'une consommation de laitier plus faible. La désulfuration est très souvent indispensable pour la qualité des aciers élaborés à partir de la fonte. La possibilité d'obtenir à peu de frais un abaissement parallèle des teneurs en silicium et soufre permettrait, d'autre part, d'adopter aux haut-fourneaux une marche plus acide; une telle marche a comme conséquence une économie de coke et une augmentation de la production des haut-fourneaux, et donc un abaissement notable du prix de revient.

La désiliciation est actuellement recherchée par un soufflage d'oxygène dans la fonte, qui entraîne une perte en manganèse et en fer.

La désulfuration est obtenue par un traitement de la fonte par le carbonate de soude ou la chaux solide.

Au total deux opérations successives sont jusqu'ici nécessaires pour atteindre le résultat recherché.

Des raisonnements théoriques, confirmés ensuite par l'expérience, m'ont montré qu'il était possible d'obtenir ce résultat par un traitement avec un seul laitier. Ceci paraît, au premier abord, paradoxal, puisque la désiliciation nécessite un laitier oxydant, contenant une proportion notable d'oxydes de fer ou de manganèse, tandis qu'une désulfuration importante suppose l'action d'un laitier pauvre en oxyde de fer.

Pour atteindre le résultat cherché, j'utilise un laitier initialement pauvre en silice et contenant des proportions importantes d'oxyde de fer et (ou) de manganèse, le reste étant constitué par une forte proportion de chaux et de la magnésie, de l'alumine, etc. En effectuant un brassage violent d'un tel laitier avec la fonte, le silicium de celle-ci réduit les oxydes ferreux du laitier jusqu'à une teneur très basse, tandis que le laitier s'enrichit en

(*) Séance du 18 octobre 1954.

silice; si l'on poursuit alors le brassage et que la composition initiale du laitier a été calculée de telle sorte qu'il reste basique après son enrichissement en silice et soit fondu et fluide à la température de la fonte, la désulfuration de la fonte se produit et l'on obtient ainsi le résultat désiré à l'aide d'une seule opération.

Parallèlement, il y a gain de fer et de manganèse, car le silicium oxydé par les oxydes ferreux du laitier introduit dans la fonte environ quatre fois son poids de fer ou manganèse.

Pour déterminer l'analyse du laitier à employer, on part de la composition d'un laitier contenant de la silice connu comme désulfurant et fluide à la température de la fonte et l'on calcule ce que devient la composition de ce laitier si l'on y remplace tout ou partie de la silice par les poids d'oxydes de fer ou de manganèse correspondant à l'oxydation du silicium. On détermine ensuite, à l'aide de ces données, le pourcentage de laitier initial à employer pour enlever à la fonte la quantité de silicium voulue.

Au cours d'une expérience, entre autres, j'ai utilisé pour provoquer le brassage et le prolonger suffisamment pour que les deux réactions successives, désiliciation et désulfuration, se produisent, un appareil secoueur, que j'ai déjà industriellement appliqué à d'autres fabrications. La fonte de départ contenait 0,85 de silicium et 0,09 de soufre, soit des teneurs trop élevées pour le convertisseur Thomas; le laitier initial avait l'analyse suivante : SiO_2, 7,20; FeO, 29,7; Al_2O_3, 9,4; MnO, 1,4; CaO, 39,4; CaF_2, 7,8. Après brassage les teneurs en silicium et soufre de la fonte étaient devenues respectivement 0,40 et 0,030 correspondant à une analyse très convenable pour le soufflage en cornue Thomas.

Pour l'application, différents procédés technologiques sont possibles.

CHIMIE CRISTALLOGRAPHIQUE. — *Structure cristalline du sélénoindigo.* Note de Mme **Hélène von Eller**, présentée par M. Paul Pascal.

Le sélénoindigo se présente sous trois formes cristallines différentes dont l'une a servi de base à l'analyse structurale de ce composé. Sa maille monoclinique, de groupe spatial $P\,2_1/c\;C_{2h}^5$, a les dimensions suivantes :

$$a = 9{,}09\,\text{Å} \pm 0{,}02\,\text{Å},\qquad b = 5{,}92\,\text{Å} \pm 0{,}02\,\text{Å},$$
$$c = 13{,}40\,\text{Å} \pm 0{,}03\,\text{Å},\qquad \beta = 113^\circ.$$

La structure a été résolue par la méthode de l'atome lourd. L'erreur sur les positions atomiques est évaluée à 0,008 Å pour l'atome de sélénium et 0,09 Å pour les atomes de carbone et d'oxygène. Les coordonnées définitives sont les suivantes :

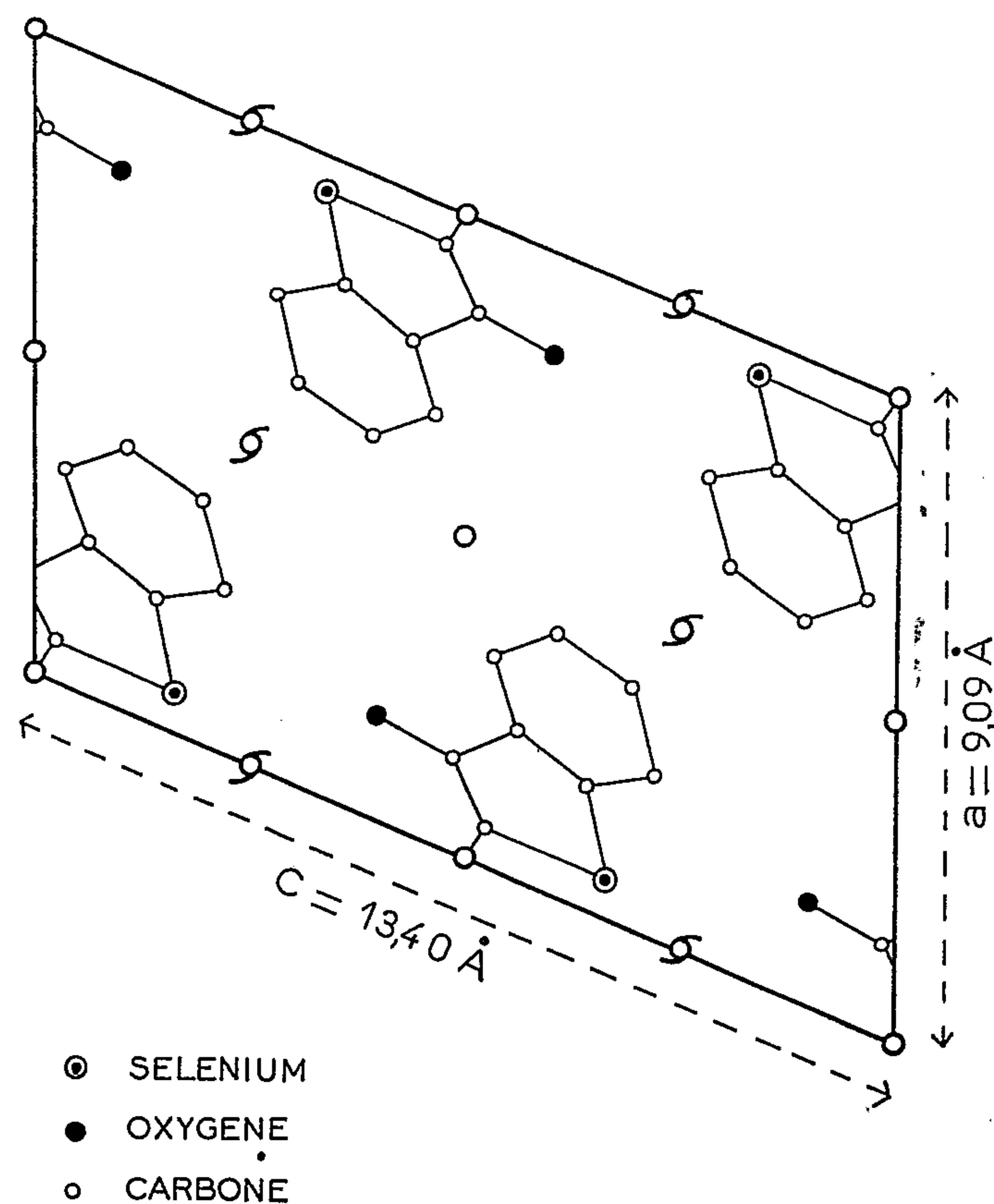
	$\frac{x}{a}$.	$\frac{y}{b}$.	$\frac{z}{c}$.
C_1	0,059	0,091	0,024
C_2	0,145	0,202	0,986
C_3	0,232	0,424	0,061
C_4	0,330	0,587	0,032
C_5	0,408	0,795	0,110
C_6	0,374	0,765	0,196
C_7	0,251	0,594	0,221
C_8	0,191	0,397	0,141
Se	0,057	0,210	0,161
O	0,162	0,233	0,900

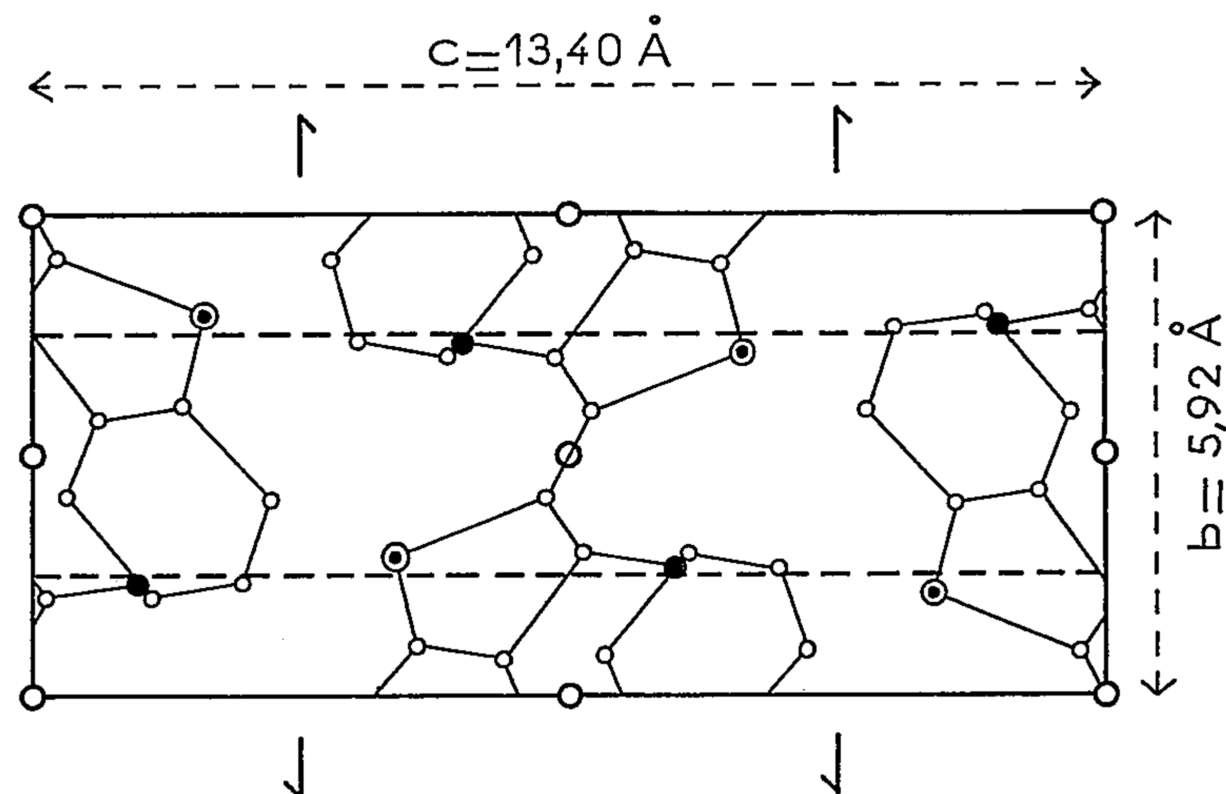
La figure donne les deux projections de la maille effectuées parallèlement à *a* et *b*, avec les atomes à leur emplacement définitif.

Les distances interatomiques et angles de valence principaux ont été calculés à partir des coordonnées. L'erreur entachant les distances carbone-carbone et carbone-oxygène ne permet pas de donner de conclusion à leur sujet. Les distances entre l'atome de sélénium et les atomes de carbone voisins sont les suivantes :

$$Se - C_1 = 1{,}97\ \text{Å}, \qquad Se - C_8 = 1{,}75\ \text{Å}.$$

L'angle ($C_1 Se C_8$) est égal à 80°.





Les atomes de carbone d'une même demi-molécule se localisent dans un même plan calculé par la méthode des moindres carrés. Les distances à ce plan, de l'origine et des atomes d'oxygène et de sélénium sont respectivement les suivantes : 0,15, 0,18 et 0,10 Å.

L'atome d'oxygène est distant de 3,20 et 2,99 Å de deux atomes de sélénium appartenant l'un à une même molécule, l'autre à une molécule voisine. Ces distances sont inférieures à la somme des rayons de van der Waals des deux atomes (3,40 Å) et correspondent aux liaisons hydrogène observées dans le cas de l'indigo ([1]).

CHIMIE MINÉRALE. — *Les réactions d'oxydation des siliciures de calcium.* Note (*) de MM. **André Chrétien, William Freundlich** et **Michel Bichara**, transmise par M. Louis Hackspill.

Les trois siliciures de calcium connus : $CaSi_2$, CaSi et Ca_2Si fixent l'oxygène libre en donnant le silicate bicalcique 2 CaO, SiO_2 et libération de silicium, directement ($CaSi_2$) ou par l'intermédiaire du premier (CaSi et Ca_2Si). Ce caractère permet de les utiliser pour préparer des siliciures par réduction des oxydes.

Nous avons montré que le binaire aluminium-calcium $CaAl_2$ est un réducteur puissant, capable de réduire un oxyde réfractaire à température relativement peu élevée. D'autres binaires métalliques du calcium doivent présenter un caractère analogue. La présente Note concerne les trois siliciures de calcium connus : $CaSi_2$, CaSi et Ca_2Si. La méthode d'expérimentation est la même que dans le travail précédent : étude thermogravimétrique de l'oxy-

([1]) H. von Eller, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 975.

(*) Séance du 18 octobre 1954.

dation du binaire calcique par l'oxygène gazeux, et analyse radiocristallographique des produits formés ([1]).

Les binaires considérés sont préparés par action de l'hydrure de calcium sur le silicium. $CaSi_2$ est obtenu facilement dès 800° avec les proportions stœchiométriques. Par contre, Ca_2Si nécessite un excès d'hydrure de calcium : au moins 4 at. Ca pour 1 at. Si; une proportion inférieure donne CaSi. Dans ces deux derniers cas, l'excès de calcium reste libre; on l'élimine par une solution alcoolique de chlorure d'ammonium.

L'oxydation de $CaSi_2$ commence vers 700°, devient rapide dès 830°, et se ralentit à 900° pour se terminer (*fig.* 1). Le produit obtenu est, jusqu'à 1 000°,

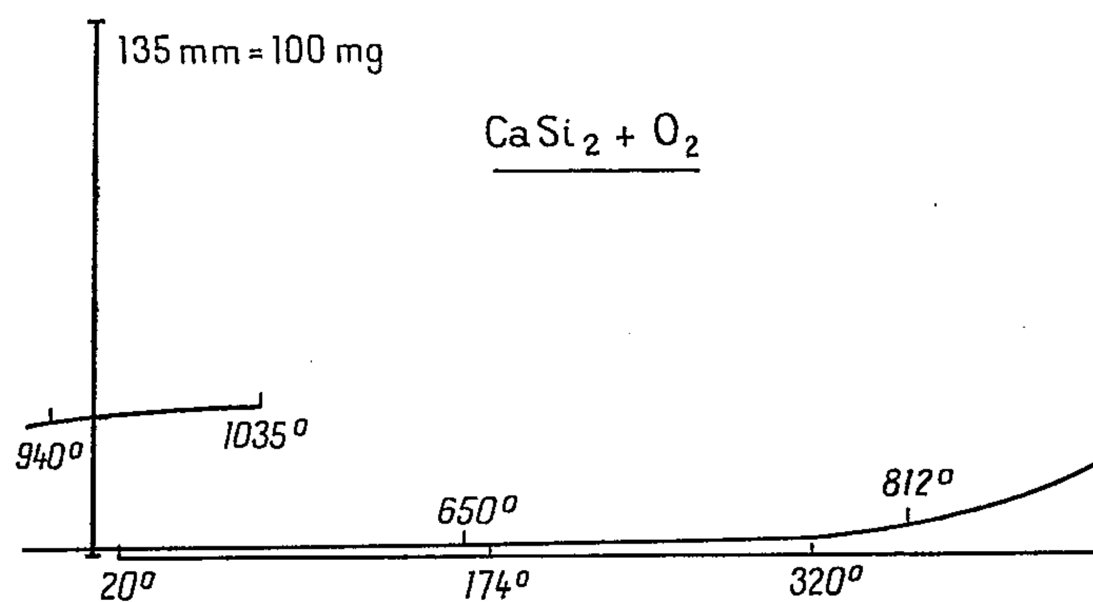


Fig. 1.

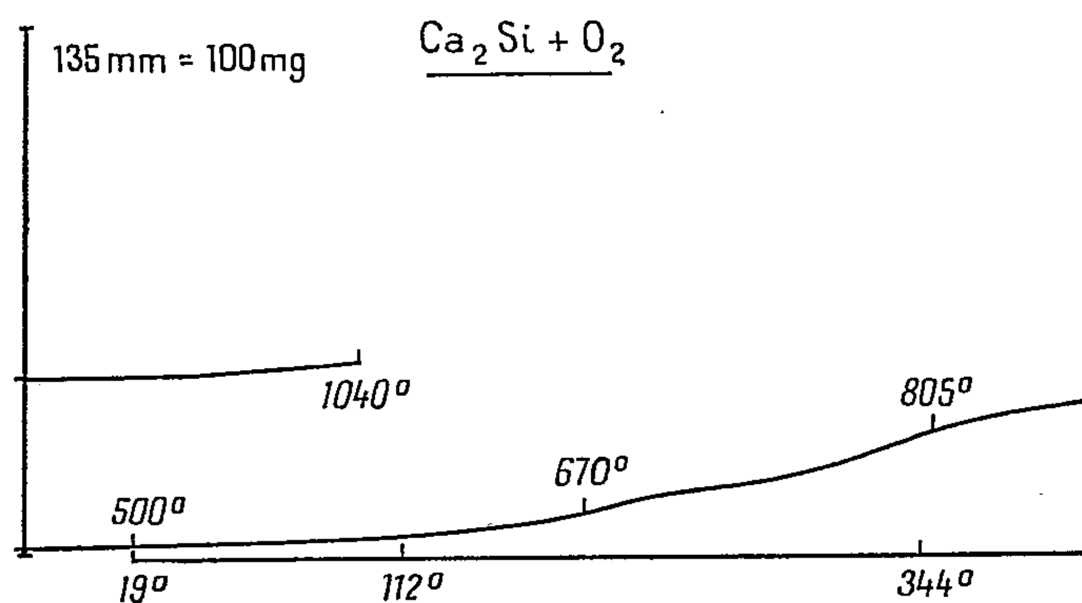
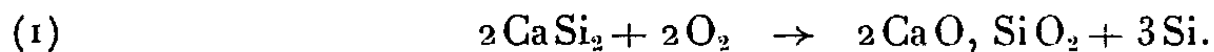


Fig. 2.

un mélange de silicium et silicate bicalcique $2CaO, SiO_2$; aucun intermédiaire n'apparaît. $CaSi_2$ s'oxyde donc directement avec mise en liberté de 3 at. Si sur 4 :

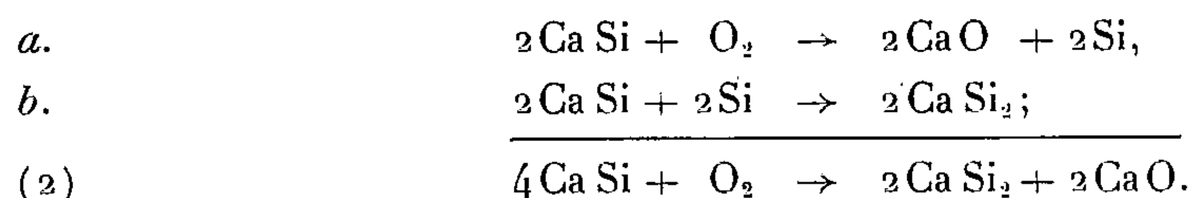


$$(1) \qquad 2CaSi_2 + 2O_2 \rightarrow 2CaO, SiO_2 + 3Si.$$

Les siliciures CaSi et Ca_2Si s'oxydent, au contraire, en deux stades. Pour l'un et pour l'autre, $CaSi_2$ apparaît intermédiairement (*fig.* 2). Mais une mise

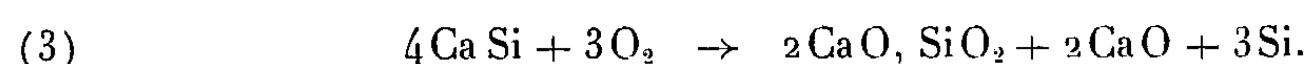
([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 978.

en liberté préalable de silicium est nécessaire, qui se fixe sur le siliciure non oxydé. On a, avec Ca Si :



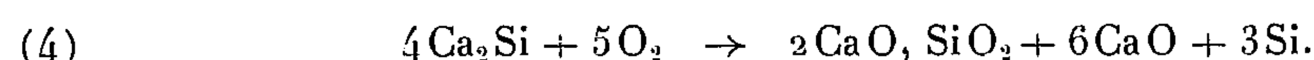
$$\text{a.}\quad 2\,CaSi + O_2 \rightarrow 2\,CaO + 2\,Si,$$
$$\text{b.}\quad 2\,CaSi + 2\,Si \rightarrow 2\,CaSi_2;$$
$$(2)\quad 4\,CaSi + O_2 \rightarrow 2\,CaSi_2 + 2\,CaO.$$

La présence de silicium libre à 650°, et le nombre trouvé pour le rapport moléculaire $O_2/CaSi$ le confirment. Au-delà de 700° le silicate bicalcique $2\,CaO, SiO_2$ se forme par suite de l'oxydation de $CaSi_2$, suivant la réaction (1). Au total, l'oxydation de Ca Si, à 900°, revient à la réaction globale :



$$(3)\quad 4\,CaSi + 3\,O_2 \rightarrow 2\,CaO, SiO_2 + 2\,CaO + 3\,Si.$$

L'oxydation de Ca_2Si procède d'une manière analogue, et revient à la réaction globale :



$$(4)\quad 4\,Ca_2Si + 5\,O_2 \rightarrow 2\,CaO, SiO_2 + 6\,CaO + 3\,Si.$$

Cette étude aboutit à une conclusion intéressante : l'oxydation des siliciures de calcium donne le silicate bicalcique $2\,CaO, SiO_2$, ce qui laisse un excès de silicium libre. La présence de ce silicium avec l'oxydation facile des siliciures donnent à ces corps une activité particulière pour la préparation des composés du silicium et d'un métal, à partir des oxydes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les isochromannes substitués.* Note (*)
de MM. **Jean Colonge** et **Paul Boisde**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les alcools β-aryléthyliques sont transformés en éthers chlorométhyliques qui se cyclisent spontanément ou sous l'action du chlorure d'aluminium en isochromannes substitués. Diverses propriétés des isochromannes sont examinées.

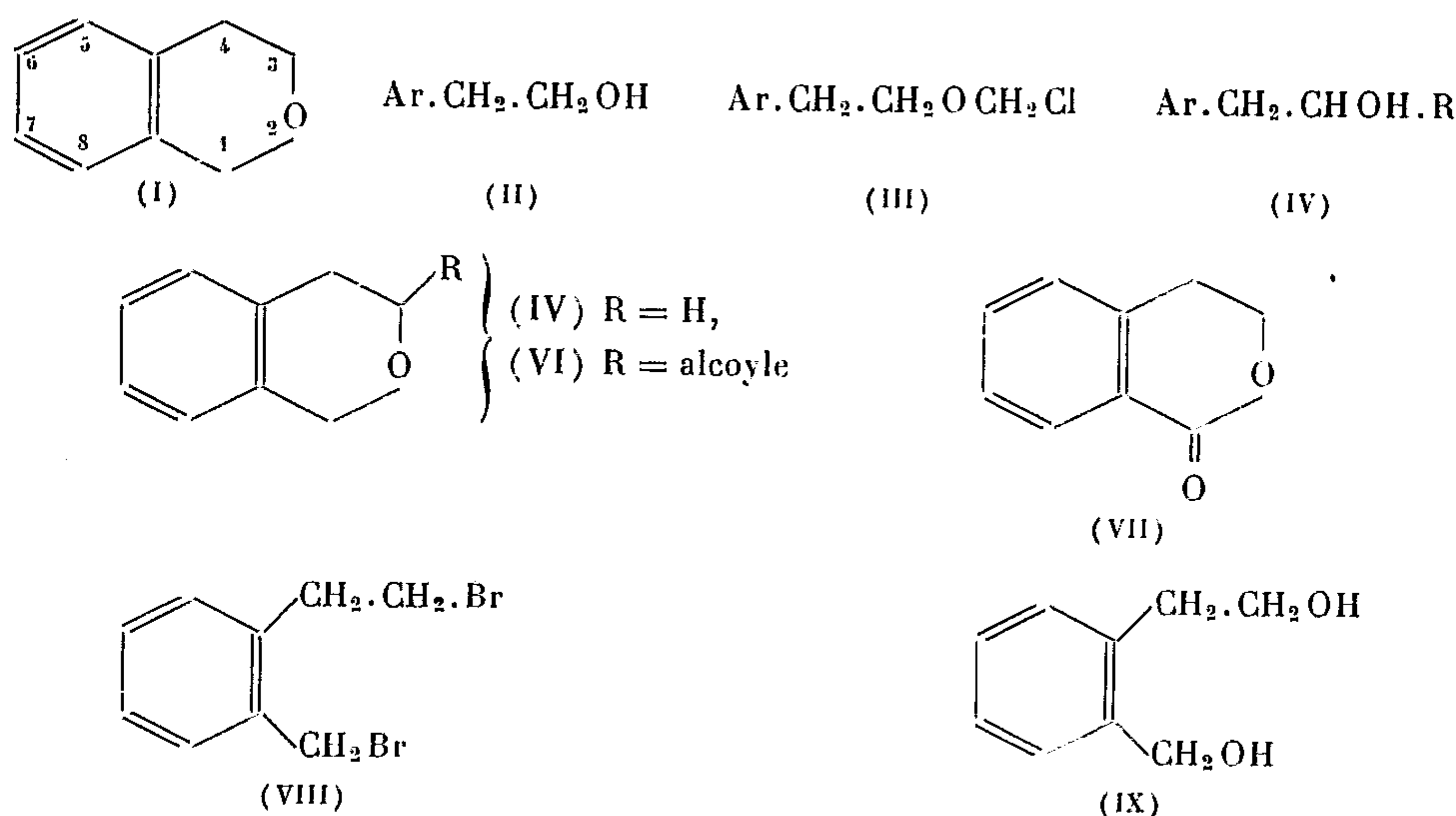
L'étude de la série de l'isochromanne (I) est peu avancée [1]; aussi, avons-nous entrepris des recherches pour préparer ses dérivés alcoylés en utilisant le procédé indiqué par Buschmann et Michel [2] qui consiste à traiter les alcools β-aryléthyliques (II) par le formaldéhyde et l'acide chlorhydrique; il se fait d'abord l'éther chlorométhylique (III) qui peut se cycliser soit spontanément, soit sous l'influence du chlorure d'aluminium en isochromanne (IV); mais dans la plupart des cas, même en travaillant à basse température, il est impossible d'isoler l'éther chlorométhylique.

(*) Séance du 18 octobre 1954.

(1) Signalons une publication récente de Maitte (*Ann. Chim.*, 9, 1954, p. 65) portant sur l'isochromanne et qui nous a incités à présenter cette Note.

(2) D. R. P. nos 614.461 et 617.646, 1935.

Si l'on utilise les alcools du type (II), on obtient des isochromannes portant des substitutions alcoylées sur le noyau benzénique; si l'on part des β-aryl-alcoylcarbinols (V), on obtient des isochromannes pouvant être substitués comme les précédents et aussi en position 3, (VI).



Chez les isochromannes, le groupement méthylène (position 1) est fortement activé par le voisinage du noyau aromatique et par celui de l'hétéroatome; nous avons constaté qu'il était facile d'oxyder les isochromannes en *isochromanones* ou *dihydro-isocoumarines* (VII) au moyen de l'anhydride sélénieux.

L'hétérocycle peut être ouvert par action de l'acide bromhydrique qui conduit aux dibromures (VIII) et aussi par l'action du chlorure d'acétyle en présence de chlorure d'aluminium avec formation d'esters chlorhydriques et acétiques des glycols (IX); pour ces esters, nous ne pouvons pas encore préciser les positions du chlore et du groupement $O.CO.CH_3$.

Chlorométhoxy-1 phényl-2 éthane $C_9H_{11}OCl$. — A partir de l'alcool phényléthylique, Rdt 76 %. Liquide, $É_{16}$ 117-120°; d_4^{17} 1,107; n_D^{17} 1,5245; composé déjà signalé par Sabetay et Schving [3].

Chlorométhoxy-1 p-tolyl-2 éthane $C_{10}H_{13}OCl$. — A partir de l'alcool *p*-tolyléthylique, Rdt 54 %. Liquide, $É_{13}$ 125-127°; d_4^{22} 1,075; n_D^{22} 1,5214.

Chlorométhoxy-1 α-naphtyl-2 éthane $C_{13}H_{13}OCl$. — A partir de l'alcool α-naphtyléthylique, Rdt 79 %. Liquide, $É_4$ 159°; d_4^{25} 1,168; n_D^{25} 1,6050.

Isochromanne $C_9H_{10}O$. — Cyclisation directe, Rdt 67 %; cyclisation par le chlorure d'aluminium, Rdt 72 %. Liquide, $É_{15}$ 93°; d_4^{19} 1,068; n_D^{19} 1,5457; composé signalé par plusieurs auteurs.

---

(3) *Bull. Soc. Chim.*, 43, 1928, p. 1341.

Méthyl-7 isochromanne $C_{10}H_{12}O$. — Cyclisation directe, Rdt 54 % ; cyclisation catalytique, Rdt 87 %. Liquide, $É_{13}$ 105°; d_4^{25} 1,040; n_D^{25} 1,5360.

Diméthyl-5.8 isochromanne $C_{11}H_{14}O$. — Cyclisation directe, Rdt 70 %. Liquide, $É_{25}$ 143°; d_4^{25} 1,048; n_D^{25} 1,5452.

Méthyl-3 isochromanne $C_{10}H_{12}O$. — Cyclisation directe, Rdt 84 %. Liquide, $É_{18}$ 100°; d_4^{25} 1,022; n_D^{25} 1,5256.

Benzo-5.6 isochromanne $C_{13}H_{12}O$. — Cyclisation catalytique, Rdt 72 %. Solide, F 71°; $É_{13}$ 177-180°.

Isochromanone $C_9H_8O_2$. — Rdt 65 %. Liquide, $É_{20}$ 176°; d_4^{25} 1,197; n_D^{25} 1,5629; composé déjà signalé par Wegler ([4]) et Ramart-Lucas et Hoch ([5]).

Méthyl-7 isochromanone $C_{10}H_{10}O_2$. — Rdt 50 %. Solide, F 43° (éther de pétrole).

Diméthyl-5.8 isochromanone $C_{11}H_{12}O_2$. — Rdt 59 %. Solide, F 81°.

Méthyl-3 isochromanone $C_{10}H_{10}O_2$. — Rdt 50 %. Solide, F 53°.

Benzo-5.6 isochromanone $C_{12}H_{10}O_2$. — Rdt 43 %. Solide, F 104° (alcool).

Les détails analytiques et opératoires, ainsi que les autres dérivés, seront donnés dans une autre publication.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Copulation des diazoïques sur le méthyl-2 benzothiazole.* Note de MM. **François Pierrot** et **Henri Wahl**, présentée par M. Marcel Delépine.

Contrairement aux données de la littérature, le méthyl-2 benzothiazole lui-même réagit avec le chlorure de *p*-nitrophényl diazonium.
La constitution du produit formé est démontrée.

La copulation des sels de diazonium sur les sels quaternaires de bases hétérocycliques α-méthylées du type (I) a conduit à des disazoïques (II) ([1]).

On pouvait se demander si cette réaction était liée à la nature particulière des sels quaternaires en question, ou si les bases elles-mêmes présentaient déjà une réactivité analogue. Humphriess ([2]) signale un résultat négatif dans le cas de la lépidine ou de la quinaldine. Porai-Koshits et Muravich ([3]) d'une part,

---

([4]) *Ber, dtsch. Chem. Ges.*, 70, 1937, p. 1279.
([5]) *Bull. Soc. Chim.*, 2, 1935, p. 327.

([1]) H. Wahl et M.-T. Lebris, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 631; 235, 1952, p. 1405; 236, 1953, p. 294; *Bull. Soc. Chim*, 1954, p. 248; 1954, p. 251.
([2]) *J. Chem. Soc. London*, 1926, p. 374.
([3]) *J. Gen. Chem. U. R. S. S.*, 23, 1953, p. 1583.

A. A. Kharkharov (4) de l'autre, déclarent que ni le méthyl-2 benzothiazole, ni le méthyl-2 benzimidazole ne réagissent avec les diazoïques.

Cependant, il suffit de mélanger en proportions équimoléculaires le diazoïque de la *p*-nitraniline préparé par les procédés classiques, à une solution acétique de méthyl-2 benzothiazole (pH du mélange compris entre 0,75 et 2), pour observer une coloration orangée, puis la précipitation d'un solide orangé rouge, dont la masse croît plus rapidement si l'on porte la température vers 50°.

Le produit obtenu est un mélange d'au moins deux solides, dont l'un (A), le plus abondant, est très soluble dans la pyridine, et assez soluble dans l'alcool ou l'acétone bouillants pour être séparé. Des cristallisations répétées dans l'alcool permettent d'isoler de longues aiguilles jaune paille, de F 271°,5 solubles en rouge vif dans SO_4H_2 concentré, et dont les solutions dans les différents solvants organiques prennent une intense coloration violette en présence de bases fortes. Sa composition correspond à la fixation d'un reste azoïque sur une molécule de base [calculé pour $C_{14}H_{10}O_2N_4S$, P. M. = 298,5 : N = 18,85 %, S = 10,75 %; trouvé : N 18,81 %, N = 18,90 %, S = 10,76 %, S = 10,25 %] (III).

On pouvait penser *a priori* que la copulation s'était effectuée sur le groupe CH_3. Une double confirmation de cette hypothèse est apportée par les essais suivants :

a. Le méthylal-2 benzothiazole a été préparé par oxydation du méthyl-2 benzothiazole avec l'anhydride sélénieux en s'inspirant de la méthode utilisée par Ch. E. Kwartler et H. G. Lindwall (5). L'aldéhyde traité en solution acide par la *p*-nitrophényl hydrazine, donne une hydrazone (B) en aiguilles jaunes, de F 271°,5 (trouvé % : N 18,5 et 18,82; S 11,0).

L'identité avec l'azoïque, (mélange F 271°,5), est confirmée par l'étude des courbes d'absorption qui sont pratiquement superposées.

b. De plus, en traitant l'un ou l'autre de ces composés par l'iodure de méthyle pendant 4 h à 100°, on obtient un iodo-méthylate, transformé par la soude ou l'ammoniaque en base, colorant rouge violacé cristallisé dans la pyridine en tablettes à reflets mordorés. Les échantillons issus de A et B sont identiques entre eux et également avec le produit C(V), décrit par Wahl et Lebris (6) dans l'action du méthylsulfate de diméthyl-1.2 benzothiazolium sur la *p*-nitrophényl nitrosamine :

---

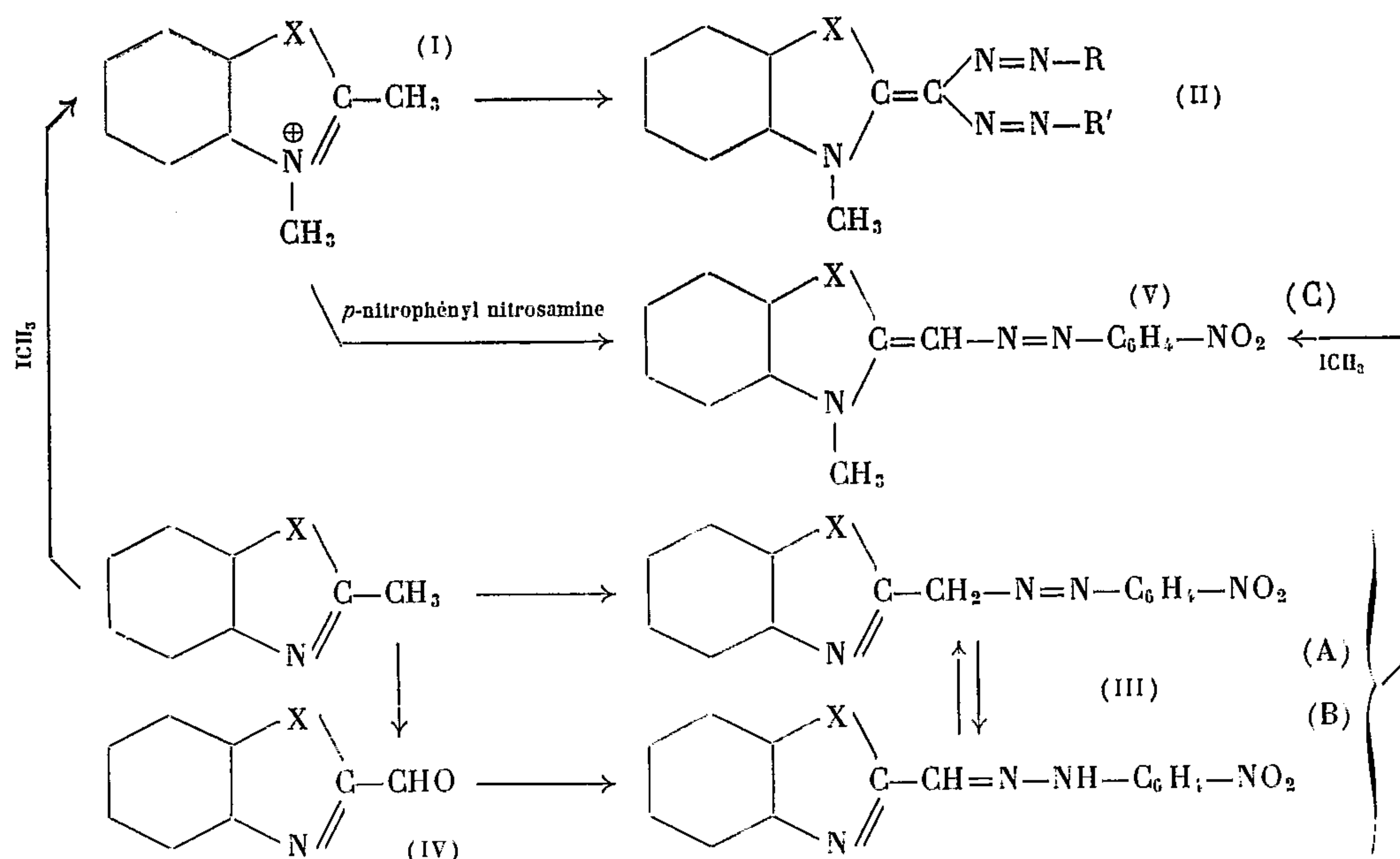
(4) *Ibid.*, 23, 1953, p. 1175.

(5) *J. Am. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 524; *cf.* Borsche et Doeller, *Liebigs Ann. Chem.*, 537, 1938, p. 45.

(6) *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 587.

	A méthylé.		B méthylé.		C.
F...........	233°		233°		233°
		mélange 233°		mélange 233°	
max. absorp...	5 450 Å		5 450 Å		5 450 Å
$\varepsilon, 10^{-4}$.......	4,32		4,32		4,31

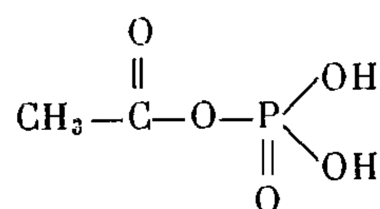
(solution M/25 000 dans la pyridine)



Ainsi, il n'est pas nécessaire de transformer le méthyl-2 benzothiazole en sel quaternaire, pour le faire copuler avec les sels de diazonium.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Obtention d'anhydrides mixtes entre l'acide o-phosphorique et des acides aminés*. Note de Mme **Abigaël Carayon-Gentil** et M. **Nguyen Van-Thoai**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les anhydrides mixtes entre l'acide *o*-phosphorique et les acides organiques, composés peu stables, ne sont connus que depuis une dizaine d'années. Le premier composé de ce type, l'acide acétylphosphorique



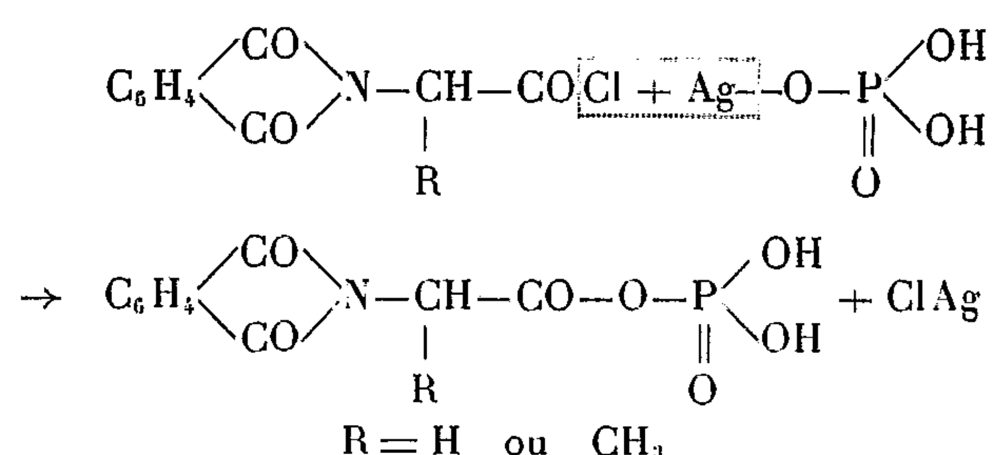
a été décrit par F. Lipmann (1). Caractérisé d'abord comme produit d'oxyda-

(1) *J. Biol. Chem.*, 155, 1944, p. 55.

tion enzymatique de l'acide pyruvique en milieu phosphaté, il fut synthétisé par F. Lipmann et L. Tuttle par phosphorylation du chlorure d'acétyle (2).

Les anhydrides mixtes, corps à potentiel énergétique élevé, jouent un rôle important dans les synthèses biochimiques, grâce à l'énergie libre fournie par rupture de leurs liaisons instables. De tels composés n'ont pas encore été isolés à partir d'un milieu naturel. Leur synthèse à été abordée simultanément par H. Chantrenne (3) et par J. Sheehan et V. Frank (4) en faisant agir des esters phosphoriques mono- ou disubstitués sur des chlorures d'acides. J. Sheehan et V. Frank ont isolé à l'état pur deux composés présentant la fonction anhydride mixte. A notre connaissance, aucune synthèse de composés semblables n'a été réalisée avec l'acide phosphorique non estérifié.

Nous avons étudié l'obtention des anhydrides mixtes formés entre l'acide *o*-phosphorique et la glycine ou l'alanine, la fonction amine de ces acides étant bloquée par le groupement phtaloyle. La réaction peut se schématiser de la façon suivante :



Le chlorure d'acide préparé à partir de la phtalimide correspondante est phosphorylé à l'aide du phosphate monoargentique, en milieu benzénique anhydre, à la température ambiante. La réaction est lente : au bout de sept jours, environ 50 % du chlorure d'acide avait réagi. Avec la glycine, le produit formé est insoluble dans le benzène, alors que le chlorure d'acide utilisé est très soluble dans ce solvant. Ceci permet l'élimination quantitative du chlorure d'acide n'ayant pas réagi, lequel reste dans la phase liquide, tandis que la phase solide comporte un mélange de l'anhydride cherché, de chlorure d'argent et de phosphate minéral. Un traitement avec de l'oxyde d'éthyle anhydre permet d'isoler l'anhydride sous forme d'une substance cristalline blanche, acidolabile et se décomposant sous l'action de l'humidité; de plus elle est soluble dans l'acétone et l'éthanol, insoluble dans l'eau et le benzène. Nous ne sommes parvenus ni à la faire recristalliser, ni à l'isoler sous forme de sel d'argent; elle se décomposait au cours de nos opérations. Son étude a été poursuivie sur l'extrait éthéré brut dont le point de fusion varie entre 178

(2) *J. Biol. Chem.*, 153, 1944, p. 571.
(3) *Biochim. et Biophysica Acta*, 4, 1950, p. 484.
(4) *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 1312.

et 181° C. (bloc Maquenne), selon les échantillons. La fonction anhydride est caractérisée et dosée à l'aide de l'hydroxylamine, d'après les méthodes de Lipmann et Tuttle ([5]). Le phosphore total est dosé, après minéralisation, selon le procédé de Briggs. Le phosphore engagé dans l'anhydride est déterminé d'après la méthode de Lipmann et Tuttle ([2]), par différence entre le P total et le P précipitable par une solution alcoolique de chlorure de calcium; ce réactif n'insolubilise que 15 à 25 % du phosphore total.

La microanalyse donne les résultats suivant :

$C_{10}H_8O_7NP$, calculé %, C 42,10; H 2,80; O 39,40; N 4,91; P 10,87; trouvé %, C 37,80; H 4,43; O 41,58; N 4,27; P 11,86.

L'ensemble de ces résultats montre que le composé isolé n'est pas pur; il est mélangé de phosphate minéral, ce qui explique le déficit par rapport aux quantités théoriques de 10 % environ pour le carbone et pour l'azote. Jusqu'ici nous ne sommes pas parvenus à mieux purifier nos échantillons, à cause de l'instabilité du composé étudié.

En ce qui concerne le composé correspondant dérivé de l'alanine, l'étude de la cinétique de sa réaction de formation montre que sa synthèse a été certainement réalisée, bien qu'il n'ait pu encore être isolé.

En conclusion, il a été possible d'obtenir des anhydrides mixtes de l'acide *o*-phosphorique et d'acides aminés par phosphorylation de ces derniers, après blocage préalable du groupement $-NH_2$ au moyen de radicaux phtaloyle et transformation en chlorures d'acides; mais en raison de leur instabilité, les anhydrides n'ont pas encore été isolés à l'état de pureté.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Variations des paramètres cristallins et de la température de transformation $\alpha \rightleftharpoons \beta$ dans des quartz de synthèse.* Note (*) de MM. **Germain Sabatier** et **Jean Wyart**, présentée par M. Charles Mauguin.

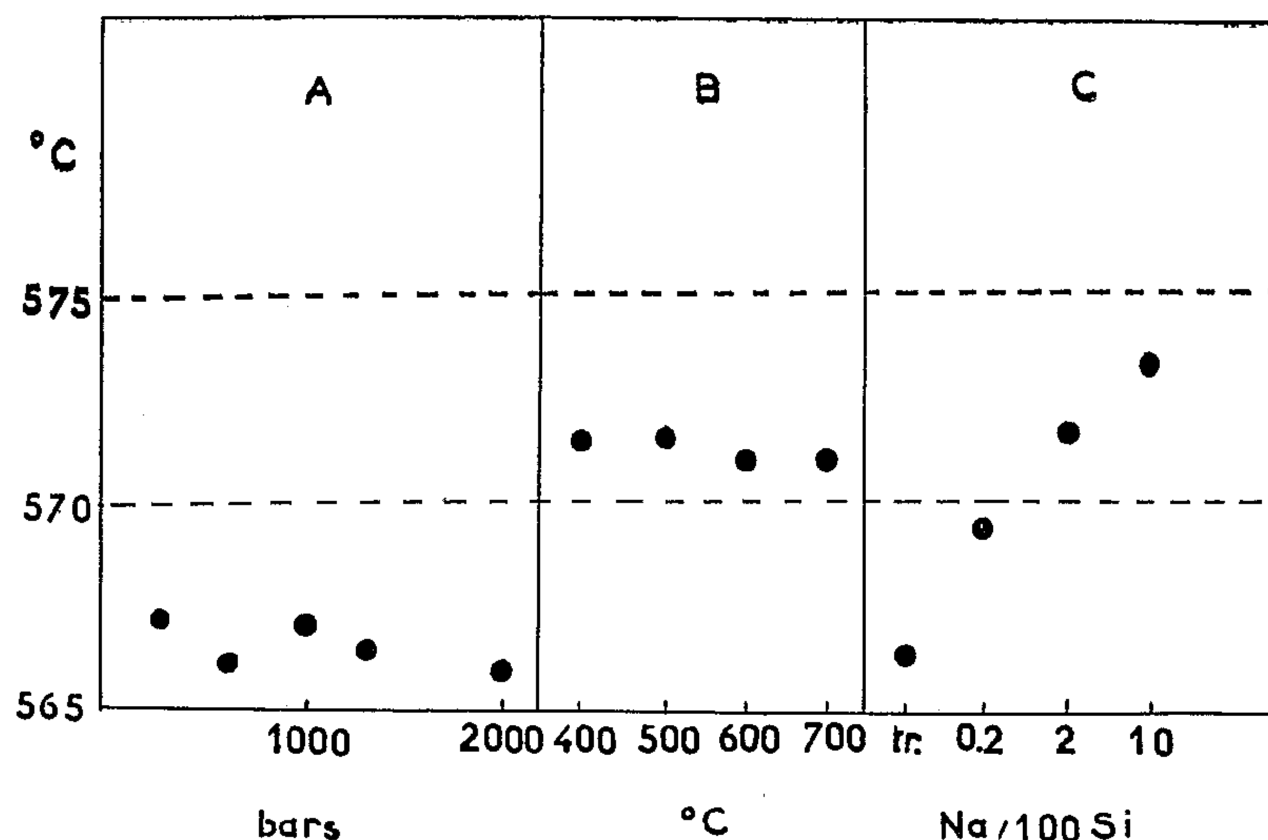
De nombreuses recherches ont montré récemment que le quartz ne possède pas une température de transformation $\alpha \rightleftharpoons \beta$ et des paramètres cristallins définis, ces grandeurs, au contraire, varient d'un échantillon à l'autre. Les expériences qui font l'objet de cette Note ont été entreprises pour préciser si ces variations sont dues à des changements dans la pression ou la température de cristallisation, ou à des modifications de la composition chimique du milieu où le quartz s'est formé.

Une cinquantaine d'échantillons ont été préparés dans de petits autoclaves, à des températures variant de 400 à 700° C, et sous des pressions de vapeur

([5]) *J. Biol. Chem.*, **159**, 1945, p. 21.

(*) Séance du 18 octobre 1954.

d'eau de 300 à 2 000 bars. Le quartz se formait au dépens d'un gel de silice dont on modifiait la composition chimique par addition de sodium, sous forme de soude, de silicate, ou de chlorure. Après chaque synthèse on a mesuré la température de transformation et les paramètres de la poudre obtenue, constituée de petits cristaux de quartz bipyramidés.



Variation de la température de la transformation $\alpha \rightleftharpoons \beta$ de quartz synthétiques en fonction : A, de la pression de cristallisation; température de cristallisation 500°C; gel mère ne contenant que des traces de sodium; B, de la température de cristallisation; densité de la vapeur d'eau durant la cristallisation 0,105; gel mère contenant environ 2 atomes de sodium pour 100 de silicium; C, de la composition du gel mère; température de cristallisation 500°C; pression de cristallisation 300 bars.

Ces essais ont montré que la pression ou la température de cristallisation n'ont aucun effet sur la température de la transformation (*fig.* A et B) et sur les paramètres. Par contre, la température de la transformation s'élève de 566 à 573° C pour des teneurs croissantes du gel en sodium (*fig.* C). Simultanément on observe un rétrécissement de la maille. Les paramètres sont respectivement $a = 4,9025$ kX, $c = 5,3932$ kX pour un quartz renfermant du sodium; $a = 4,9040$ kX, $c = 5,3932$ kX pour un quartz dépourvu de sodium. (Rayonnement utilisé $K\alpha_1$ du cuivre, avec $\lambda = 1,537395$ kX.) Ainsi l'introduction du sodium provoque une diminution du paramètre $a[1000]$ de 15.10^{-4} kX sans agir sur le paramètre $c[0001]$. Le sodium doit être introduit sous forme de soude ou de silicate, c'est-à-dire, dans des conditions où il est combiné, ou peut se combiner à la silice. Des quantités 100 fois plus fortes de sodium, sous forme de chlorure, n'exercent aucune action.

Des variations de la température de transformation et des paramètres du quartz, en tous points semblables à celles qu'on observe dans la nature, ont ainsi été reproduites sous la seule action de facteurs chimiques. Elles ne présentent donc aucun intérêt en thermométrie géologique, comme on en avait eu, un instant l'espoir.

D'autre part, ces expériences — et surtout le fait que seul agisse le sodium libre de se combiner à la silice — suggèrent fortement que les variations observées sont dues à la présence de sodium perturbant le réseau du quartz.

On doit enfin noter que le « beau » quartz naturel, donnant des raies de diffraction très fines aux rayons X, et dont la transformation $\alpha \rightleftharpoons \beta$ est isotherme, s'apparente par ses paramètres et la température de cette transformation (573° C) à un quartz de synthèse riche en sodium. On sait d'ailleurs que ces échantillons contiennent toujours du sodium, ou d'autres ions, qu'on localisait jusqu'ici dans les inclusions; il est probable que ces ions interviennent aussi dans le réseau même du cristal.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Sulfate céreux octohydraté : obtention de monocristaux et étude radiocristallographique*. Note de MM. **Jean Blandin** et **Claude Rérat**, présentée par M. Charles Mauguin.

Préparation des monocristaux. L'étude aux rayons X a montré qu'ils appartiennent au groupe de recouvrement $D_{2h}^{18} - Cmca$; les arêtes de la maille ont pour longueurs : $a_0 = 9,91$ kX $\pm$ 0,01 kX, $b_0 = 9,50$ kX $\pm$ 0,01 kX, $c_0 = 17,30$ kX $\pm$ 0,02 kX. La maille contient 4 mol d'octohydrate. Tableau des distances réticulaires observées dans le diagramme de Debye-Scherrer.

Le sulfate céreux octohydraté $(SO_4)_3Ce_2, 8H_2O$, n'est pas isomorphe des autres sulfates octohydratés de terres rares, qui appartiennent au système monoclinique. Cette considération nous a amenés à effectuer l'étude radiocristallographique de ce composé (groupe de recouvrement, paramètres de la maille et nombre de molécules qu'elle contient).

Préparation. — Les monocristaux ont été obtenus de la manière suivante : on part du nitrate double de cerium et d'ammonium de grande pureté (préparé au Laboratoire des Terres rares de Bellevue) que l'on transforme, par précipitation ammoniacale, en hydroxyde cérique; en traitant ce dernier par l'acide sulfurique concentré, on obtient une solution de coloration rouge orangé que l'on concentre par ébullition. Cette solution concentrée est ensuite traitée par l'eau oxygénée à 110 volumes, goutte à goutte en agitant jusqu'à décoloration complète; il se forme alors, au bout d'un temps très court, un précipité blanc de microcristaux de sulfate céreux que l'on sépare de la solution. Les microcristaux ainsi obtenus sont égouttés, sans les sécher, puis on y ajoute de l'eau bidistillée goutte à goutte en agitant, jusqu'à dissolution complète. Cette dissolution est très rapide et donne une solution de sulfate céreux incolore, très acide (pH $<$ 1), que l'on place dans un cristallisoir. Après plusieurs jours, à la température de 18° environ, il se dépose des cristaux prismatiques, allongés, hexagonaux de sulfate céreux ennéahydraté, que l'on sépare de la solution, et l'on soumet cette dernière à une seconde cristallisation lente.

Dans les conditions où nous nous sommes placés, il s'est déposé, après plusieurs jours, de beaux cristaux de sulfate céreux que nous avons identifiés comme étant l'octohydrate, par dosage pondéral de son eau de cristallisation, en le transformant en sulfate céreux anhydre par chauffage à 450° C pendant 22 h. Le poids de sulfate anhydre obtenu correspond à une perte de 8 mol d'eau.

Étude radiocristallographique. — La méthode de préparation indiquée ci-dessus nous a permis d'obtenir des cristaux incolores très bien formés. Ils se présentent sous forme d'octaèdres orthorhombiques dont les trois diagonales sont sensiblement égales, difficiles à distinguer les unes des autres. Les diagrammes de Weissenberg ont montré que ces cristaux appartiennent au système orthorhombique. Ils ont permis d'autre part (après étalonnage de la chambre par un diagramme de bâtonnet de cuivre) la mesure précise des paramètres de la maille au moyen des réflexions d'ordres élevés de la raie $K\alpha_1$ du cuivre ($\lambda = 1{,}537$ kX) sur les plans (100), (010) et (001). On trouve

$$a_0 = 9{,}91\ \text{kX} \pm 0{,}01\ \text{kX},$$
$$b_0 = 9{,}50\ \text{kX} \pm 0{,}01\ \text{kX},$$
$$c_0 = 17{,}30\ \text{kX} \pm 0{,}02\ \text{kX}.$$

La valeur de la densité $d = 2{,}87 \pm 0{,}02$ (mesurée par la méthode du flacon) a permir de déterminer que le nombre de molécules par maille est $Z = 4$ (valeur calculée : $Z = 3{,}98 \pm 0{,}05$ ce qui confirme les conclusions précédentes).

L'étude du réseau polaire montre que les réflexions possibles sont :

$$hkl:\quad h + k = 2n,$$
$$okl:\quad (k = 2n),$$
$$hol:\quad l = 2n \qquad (h = 2n),$$
$$hko:\quad h = 2n \qquad (k = 2n),$$

ce qui conduit au groupe n° 64 : D_{2h}^{18} — $Cmca$. Le cristal est holoèdre et le réseau est à face C centrée.

Le diagramme de poudre a été effectué avec la radiation $K\alpha$ du cuivre. Les raies observées sont indiquées dans le tableau suivant, où d désigne les distances réticulaires en kX et I l'intensité des raies correspondantes :

d.	I.	*d*.	I.	*d*.	I.
6,49	10	2,66	6	1,90	3
5,32	10	2,54	1	1,82	2
4,86	6	2,45	1	1,79	2
4,34	9	2,37	1	1,71	2
3,92	2	2,30	1	1,61	2
3,42	2	2,19	5	1,43	1
3,20	7	2,14	1	1,37	1
3,07	1	2,07	1	1,33	1
2,91	6	1,97	4	1,15	1

GÉOLOGIE. — *Tectonique de couverture et tectonique superposée dans le seuil du Poitou.* Note (*) de M. **Gilbert Mathieu**, présentée par M. Pierre Pruvost.

1. Les dislocations du Seuil du Poitou (1), objets de nombreuses publications, consistent essentiellement en alignement de failles depuis la Vendée jusqu'au Limousin. Chaque accident étudié dans le détail peut se révéler très complexe et se décomposer en une série de petites failles en escalier. Il n'y a pas, d'après toutes les descriptions des auteurs, de véritable compression des assises jurassiques dues à une poussée tangentielle. Les plissements énumérés jusqu'à présent s'expliquent par des mouvements verticaux provoqués par des jeux posthumes d'accidents hercyniens [ex. : Faille de Vasles (2) ou cuvette de Saint-Maixent].

Cependant d'importantes déformations, dans la masse des calcaires dolomitiques massifs du Bajocien-Bathonien, existent à ma connaissance en deux points au moins du seuil du Poitou : au Nord de Couhé-Vérac dans la nouvelle tranchée, dite de Valence, de la déviation de la route Paris-Bordeaux et le long de la voie ferrée entre Poitiers et Saint-Benoît (au Sud du Parc d'artillerie de Poitiers).

Dans les deux cas il s'agit de plis de faible rayon de courbure (de style jurassien) entraînant des pendages de 35°, avec des synclinaux bien marqués. Les plissements de la tranchée de Valence sont situés entre le pli monoclinal de Rouillé à Couhé-Vérac et l'alignement de l'anticlinal granulitique du Terrier-du-Fouilloux au horst de Champagné-Saint-Hilaire.

Les déformations signalées succinctement par de Longuemar (3) dans la tranchée de Saint-Benoît (Sud du Parc d'artillerie) se situent au Nord du horst de Ligugé et, en raison d'un petit pli-faille, avec plan de broyage incliné 45° Sud, elles dénotent nettement une poussée tangentielle du Sud vers le Nord. On peut prouver dans les deux cas qu'il s'agit d'une tectonique de couverture, car le socle de granulite apparaît à Villemonnay, à moins de 10 km au Nord-Est de Couhé-Vérac, tandis que les ondulations du Jurassique de Saint-Benoît (tranchée du Traine Bottes) sont à 5 km au Nord de la porphyroïde de Ligugé. Le socle cristallin n'a pas pu se prêter à des plissements d'aussi faible rayon de courbure.

La direction des failles et plis autour du horst de Ligugé est toujours Est-Ouest et le horst est ancien, remarquablement nivelé au sommet des

---

(*) Séance du 18 octobre 1954.

(1) P. Glangeaud, *Bull. Carte Géol. Fr.*, 1895, VIII, n° 50.

(2) J. Welsch, *Bull. Soc. Géol., Fr.*, 3, 1903, p. 883.

(3) *Géologie du département de la Vienne*, 1870, p. 129.

plateaux. C'est la même direction qui a été signalée dans le Jurassique d'Aunis par M. G. Waterlot ([4]) pour des plissements anté-cénomaniens, tels que l'anticlinal de la Répentie qui paraît séparer deux systèmes d'ondulations sud-armoricaines. L'âge antécénomanien des plissements de la tranchée de Saint-Benoît paraît démontré par un ancien recouvrement en Cénomanien de la région, ayant laissé subsister des blocs résiduels de grès quartzifiés qui, par l'Ouest de Poitiers, Bel-Air, Larnay, le Grand-Beuvoir, viennent rejoindre les buttes témoins déjà connues de Jaunay-Clan, Mavault, Villiers et l'îlot non cartographié du château de Furigny (butte boisée avec sablière à la cote 130). A Furigny, j'ai remarqué dans des grès légèrement rubéfiés des lits fossilifères renfermant des moulages en limonite de lamellibranches marins variés (*Corbis*, *Nucula*), ce qui ne laisse plus le moindre doute sur l'âge cénomanien de tous les grès résiduels du plateau poitevin entre la Gâtine de Parthenay et la Vallée du Clain, en raison de l'identité lithologique des grès avec le Crétacé certain de Mavault. Les grès quartzifiés ont pu être remaniés localement dans le Sidérolithique avec condensation en lits de la limonite résultant de l'altération de la *glauconie* primitive. Ils se sont étendus indifféremment sur les divers étages jurassiques du Séquanien au Bathonien. Rien ne prouve que les plis Est-Ouest de l'Aunis, comme ceux du Périgord (Mareuil et la Tour-Blanche) et du seuil du Poitou, soient immédiatement postérieurs au Portlandien. En raison de l'importante phase anté-cénomanienne des Pyrénées, on pourrait admettre qu'une onde amortie se soit fait sentir jusque dans le détroit poitevin à cette époque.

2. On peut opposer à cette tectonique de couverture, avec poussée du Sud vers le Nord, une tectonique de failles cisaillantes beaucoup plus récente. Deux longues lignes de dislocations ont joué à la fin du Tertiaire dénivellant le Sidérolithique; ce sont : la faille de Chambrille-Lezay-Montalembert et la faille de Vasles-Lusignan-Voulon-Champagné-Saint-Hilaire. L'épaississement marqué du Lias dans les bassins synclinaux (50 m de Toarcien au château de Marçay ([5]), près de Vivonne) confère aux failles limitatives des horsts le caractère de failles de subsidence. Le relèvement des horsts peut être attribué avec quelque vraisemblance à un phénomène d'isostasie. Ces longues fractures sud-armoricaines du Poitou sont en effet des mouvements posthumes d'un axe granulitique hercynien de Parthenay, à Availles-Limouzine et d'un axe gneissique Mervent-Dames de Chambrille-Montalembert-Rochechouart. Il est assez caractéristique de constater, de part et d'autre de l'axe granulitique du Terrier du Fouilloux (278 m), deux systèmes de failles en escaliers. Au

---

([4]) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 278 et *Bull. Carte Géol. Fr.*, 51, n° 239, 1953, p. 100.

([5]) E. Patte, *C. R. Soc. Géol. Fr.*, n° 3, 1953, p. 40.

Sud ces failles amènent le Jurassique à la cote 40 près de Niort et au Nord elles abaissent le Callovien à la cote 140 à Thénezay (Deux-Sèvres).

D'après les résultats de la prospection gravimétrique en Bretagne, M. Jean Goguel signale ([6]) sous les principaux batholites de granite un manque de pesanteur. On comprend alors que le relèvement isostasique des crêtes granulitiques de Gâtine ait entraîné au Miocène supérieur un système de fracture dans le Jurassique du Poitou.

En conclusion, on peut envisager deux causes de déformation du Jurassique du Seuil poitevin : 1° une onde partie des Pyrénées (phase antécénomanienne) provoquant une tectonique de couverture sur le socle cristallin; 2° des mouvements de bascule relevant des crêtes granitiques et abaissant les bassins de subsidence, à la fin du Tertiaire.

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine de dépôts de sulfate de calcium actuels et anciens.* Note de M. **Pierre Bellair**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Certaines formations anciennes de gypse doivent provenir du remaniement d'une croûte gypso-siliceuse formée *per ascensum* en climat aride et non par évaporation dans des lagunes. L'origine de la silice des quartz bipyramidés si fréquents dans les gypses se trouve alors expliquée.

Bien que la conception de l'origine lagunaire des dépôts de sulfate de calcium amène quelques difficultés d'interprétation dues à l'existence des deux minéraux distincts, anhydrite et gypse, elle n'a guère été discutée et demeure classique. Les anciens auteurs nord-africains (Pomel, Rolland, Ville, Stainier) avaient cependant décrit des croûtes gypseuses du Bas Sahara, formées *per ascensum* en l'absence de lagunes, mais il semble que leurs observations n'aient pas suffisamment attiré l'attention sur des faits pourtant de nature à faire reviser partiellement la conception classique.

Dans la région de dépressions du Sud constantinois et tunisien (Chotts Melrhir, Mérouane, Rharsa, Djerid, Fedjedj...), on rencontre le gypse sous deux formes principales :

a. le type *en plaques*, souvent de grandes dimensions (plus de 10 cm) parfaitement limpides et transparentes (non jaunâtres comme le type fer de lance parisien).

b. le type *rose de sable* dont il existe plusieurs variétés sans que les conditions de genèse particulières de ces diverses variétés soient parfaitement élucidées. Des essais divers au laboratoire ne m'ont pas jusqu'ici permis d'obtenir ces types de cristallisation.

L'anhydrite ne semble guère exister en grands cristaux, mais un triage

([6]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1130.

au bromoforme de quelques grammes de sables de bords de chotts en révèle toujours des microcristaux, souvent corrodés.

Le type en plaques semble lié aux sebkhras proprement dites et à l'évaporation d'une nappe d'eau libre et limpide. Il est donc d'origine réellement lagunaire.

Les types « rose de sable » sont d'une genèse moins banale : les cristaux se trouvent, soit au voisinage de la nappe phréatique (on en trouve souvent de magnifiques échantillons en creusant les puits), soit en surface dans les fonds de dépressions inondées seulement temporairement lors de pluies exceptionnelles, mais où l'évaporation d'une nappe phréatique proche de la surface est active : elles sont alors abondantes dans la croute superficielle gypso-sableuse. Leur formation première *per ascensum*, par évaporation de la nappe phréatique séléniteuse à travers le sable, ne peut faire de doute; les rosées nocturnes, souvent abondantes, y contribuent peut-être, mais pour une part modeste, les cristaux étant peu hygroscopiques. Une pluie provoque nettement leur corrosion : il faut alors quelques semaines de sécheresse pour les retrouver reformées avec leurs lames délicates. La quantité de sable incluse est variable (jusqu'à 50 %), mais les variétés transparentes elles-mêmes en contiennent. La « croûte gypseuse » du Bas Sahara des auteurs peut être considéré en première approximation comme formée par la coalescence de ces roses plus ou moins remaniées.

L'abondance des roses dans la région d'El Oued est telle qu'on a pu les utiliser pour empierrer partiellement les pistes automobiles des environs. A El Oued même, la croûte gypseuse n'affleure pas et on ne la voit pas toujours dans les entonnoirs de sable au fond desquels sont blottis les jardins. Mais vers Bir el Hadj Kaddour, à 30 km à l'Est, elle arrive à avoir 1 m d'épaisseur. Dans l'Erg Oriental, on la trouve vers le Sud jusqu'au-delà de Bir Djedid, mais elle y est peu épaisse. Vers le Nord elle semble également diminuer d'importance au fur et à mesure qu'on se rapproche du piémont atlantique. Sur une surface de l'ordre de 10 000 km^2 une croûte gypseuse de 30 cm à 1 m et peut-être plus par places forme le substrat de l'erg actuel : c'est en somme une lentille gypsosiliceuse de vastes dimensions. Enfin des lentilles gypseuses existent dans le substrat, et les anciens auteurs n'avaient pas hésité à les considérer comme des croûtes fossiles.

On ne trouve pas, semble-t-il, de traces d'une disposition analogue dans les formations arénacées désertiques anciennes : les roses de sable fossiles sont rares bien qu'on en cite des cristaux épigénisés. On en connaît dans le « Wealdien » du Sud tunisien, mais elles y sont de formation actuelle, seulement à la surface des affleurements. Cette absence est due au caractère instable de ce type de cristallisation : le gypse de ces cristaux, mobilisé par les eaux de circulation dans des sables et grès poreux, s'agglomère

en croûte compacte non différentiable du gypse banal ou va se déposer ailleurs en cristaux de morphologie différente ou en filonnets : il est possible d'attribuer une telle origine aux filonnets et fibres de gypse secondaire, si fréquents dans les grès couramment considérés comme désertiques (Grès Bigarré de Provence, continental intercalaire du Sahara, grès « Nubien » de la cuvette : fezzanaise) cela explique pourquoi ce gypse est à la fois si peu abondant, souvent très pur et en même temps exotique par rapport à la formation qui le contient. Il ne s'agit alors pas de dépôts lagunaires.

Mais l'importance actuelle au Bas Sahara de ce gypse particulier, dont le volume total est de l'ordre de un à dix milliards de mètres cubes, montre qu'il peut jouer un rôle moins modeste, et fournir la matière première de certains amas de gypses remaniés et concentrés ultérieurement par sélection tectonique. Les gypses triasiques alpins ont peut-être partiellement une telle origine première : l'existence de flores fossiles connexes s'expliquerait ainsi particulièrement bien.

Notons que l'anhydrite ne semble pas se former dans des conditions analogues, même à l'état de microcristaux : ceux-ci ne sont jamais que très épisodiques dans les sables.

Enfin l'origine de la silice des quartz bipyramidés si fréquents dans les gypses pourrait s'expliquer par une formation originelle du type croûte où grains de quartz et gypse coexistent en une croûte à ciment gypseux.

GÉOLOGIE. — *Quelques précisions sur la structure de la Balagne (Corse).* Note de M. **Pierre Routhier**, présentée par M. Pierre Pruvost.

1° Contact anormal entre flysch argileux quasi autochtone et flysch gréseux qui le chevauche, jalonné par des lambeaux de calcaires triasiques et liasiques; ces derniers sont datés. 2° Origine sédimentaire, par destruction d'une ride, des brèches de Tocone. Discussion de leur âge.

Les contacts anormaux de la Balagne ont été reconnus par E. Maury (1). Poussant un peu plus loin l'analyse, A. Pilger (2) a cartographié dans cette région quatre « Deckschuppe » superposées. Mais beaucoup reste à faire pour élucider la tectonique de la Balagne. Voici quelques observations préliminaires destinées à cette fin.

Entre Belgodère et le col de San Colombano, on peut distinguer six unités lithologiques superposées, dans l'ordre suivant, de l'Ouest vers l'Est : 1. Poudingues de Palasca, grès et calcaires éocènes, reposant sur les gneiss de Belgodère; 2. Flysch argileux noir; 3. Flysch

(1) *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 178, 34, 1931, p. 1-26.

(2) Der alpine Deckenbau Korsikas und seine Granit-Intrusionen. *Abhandl. Gesellsch. Wissensch. zu Göttingen*, *Math.-Phys. Kl.* III Folge, heft 19.

gréseux (« grès de Palasca » de Maury); 4. Brèches de Tocone et phtanites (« jaspes » de Maury, « Oelquartzite » de Pilger); 5. Calcaires tithoniques ([3]), radiolarites et basaltes (« diabases ») du col de San Colombano (série ophiolitique); 6. Poudingues et grès de la Cima all'Alturaja.

Les précisions apportées ici portent sur le contact anormal entre les unités 2 et 3 et sur la signification des brèches de Tocone. Nombre de ces observations et des réflexions qu'elles suscitent, ont été faites, en 1953, en compagnie de P. Pruvost

1. *Le contact anormal entre unités* 2 *et* 3. — Sur la route de Belgodère à Ponte-Leccia, près du kilomètre 5 à partir de Belgodère, et au col de Pruno, la cicatrice en est marquée par une très étroite lame de calcaires et cargneules triasiques.

Entre cette lame et le flysch argileux s'interposent quelques mètres d'un grès arkosique vert à patine huileuse, méconnu jusqu'ici en Balagne, mais constant et souvent conglomératique dans la région d'Oletta, où il se place normalement à la base des cargneules et calcaires triasiques, dans la position où nous l'observons ici.

La cicatrice entre les unités 2 et 3, reconnue au kilomètre 5 par Maury, n'avait pas été, jusqu'ici, correctement tracée et les calcaires qui la jalonnent n'avaient pas été datés. .

Contrairement à ce que figurent les cartes antérieures, elle se prolonge loin au Nord de Palasca ([4]). Au sommet 199 (lieu-dit Vincchiarello de la planche 3 in Pilger), elle est marquée par un gros rocher calcaire, dont la coupe est absolument identique à celle de la carrière située au pied du Mont-Tuda, près d'Oletta : calcaires à silex au sommet et à la base, encadrant un calcaire massif bleuté, avec Bélemnites en mauvais état. Ainsi la cicatrice entre unités 2 et 3 est jalonnée par des loupes de *Trias et de Lias* ([5]).

Sous cette cicatrice, le flysch noir (unité 2) se suit sans interruption, mais avec des variations d'épaisseur considérables, depuis le col de Pruno jusqu'au lieu-dit Vincchiarello. Quand on le suit du Sud au Nord, on le voit se charger de calcaire vers son sommet, alors que sa base devient de plus en plus gréseuse et passe longitudinalement au flysch gréseux à Nummulites du littoral. Dans ce flysch gréseux, qui ne doit pas être confondu avec celui de l'unité 3, on observe localement un graded-bedding

([3]) La découverte des calcaires à Calpionnelles, une des clefs de la stratigraphie corse, est due à E. Raguin, in P. Termier et E. Maury, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 1079.

([4]) Levés effectués en 1954, avec l'aide de nos élèves : A. de Reynal, Cl. Mégnien et S. Krylatov.

([5]) Lias dont la présence (et l'on peut même préciser ici Sinémurien) est bien démontrée, au Mont Tuda, par les Gryphées silicifiées découvertes par J. Ricour, *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 9 mai 1949, p. 171.

non inversé. Le flysch de l'unité 2 est donc d'âge nummulitique et, pour d'autres raisons, probablement priabonien. Comme l'a observé Maury, il n'y a aucune raison pour ne pas l'incorporer à l'autochtone.

Le flysch gréseux 3 qui le chevauche ressemble beaucoup aux grès priaboniens d'Annot. Ses intercalations argileuses suggèrent qu'il pourrait être, au moins partiellement, un équivalent latéral, déposé plus à l'Est, du flysch 2.

Le flysch gréseux 3 aurait décollé en masse, en entraînant à sa base des lambeaux de calcaires triasiques et liasiques, et aurait glissé sur un lubrifiant de flysch argileux 2.

2. *Les brèches de Tocone.* — Maury les tenait pour des brèches tectoniques. Pilger les a assimilées à ses « Basalkonglomerate » d'âge éocène, comme les « Oelquartzite ». Ce sont bien, en effet, des *brèches sédimentaires*, mais leur assimilation aux « Basalkonglomerate » est erronée, et leur âge éocène n'est nullement démontré, voire même improbable.

Un de leurs caractères fondamentaux est de contenir des fragments remaniés de phtanites noirs (« Oelquartzite ») et de s'engrener stratigraphiquement, en divers points, avec ces phtanites. Les brèches de Tocone se sont donc en partie formées par destruction de couches de phtanites et elles en sont, *grosso-modo*, contemporaines.

A l'Ouest du col de San Colombano les brèches sont particulièrement grossières et elles sont renversées vers l'Ouest, sous la série ophiolitique (unité 5). Mais, fait important, on retrouve des brèches identiques, quoique plus fines, dans les phtanites de la « Deckschuppe » de Novella, situés plus à l'Est et dessinant un synclinorium à grand rayon reposant *sur* la série ophiolitique.

On arrive ainsi à un schéma paléogéographique cohérent, car le flanc occidental d'une ride en progression et en cours de déversement à l'Ouest devait se dégrader davantage que son flanc normal à l'Est.

Plus délicate est la datation de ce mouvement. Le dépôt des phtanites et des brèches de Tocone a bien suivi l'épanchement des roches vertes. Mais leur âge éocène, admis par Pilger, ne repose sur aucun argument paléontologique. Le repos direct, observé en divers points, des phtanites sur le Tithonique (calcaires à calpionelles et radiolarites), suggère bien plutôt, comme l'admettait Maury, un âge crétacé.

Les mouvements soulignés par les brèches de Tocone seraient donc survenus au Crétacé et, quoique forçant les marges de précision actuellement accessibles, l'hypothèse d'une phase orogénique antécénomanienne apparaît en tous cas à retenir.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Sur un microplancton du Dévonien du Canada recélant des types nouveaux d'Hystrichosphæridés.* Note (*) de M. **Jean Deunff**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Un Polypier dévonien (*Favosites*) du Canada révèle un mode particulier de conservation du microplancton primaire et fournit plusieurs genres nouveaux d'Hystrichosphærides (*Polyedryxium*, *Veryhachium*, *Anthatractus*). Coloration in vitro de ces organismes.

De récentes découvertes effectuées dans le Dévonien breton ([1]) ont confirmé l'existence d'une microfaune planctonique dont la composition est comparable à celle du Silurien. Elles m'ont incité à étendre ces recherches aux séries siluro-dévoniennes de l'Amérique du Nord dans lesquelles, en 1862, M. C. White signalait des microorganismes qu'il assimilait alors aux *Xanthidium* d'Ehrenberg ([2]).

L'examen d'un Polypier du genre *Favosites* (*Favosites turbinata* Billings), en section mince, appartenant à l'étage *Onondaga* de l'Ontario (Canada), a montré que ses loges silicifiées avaient été comblées par un fin sédiment calcaire contenant des microfossiles admirablement conservés à l'état de matière organique. Ceux-ci ont pu être isolés par traitement à l'acide chlorhydrique. Ils appartiennent dans l'ensemble au grand groupe des Hystrichosphæridés et comprennent :

1° Des formes analogues à celles déjà connues dans le Paléozoïque soit de Bretagne, soit de l'Étranger.

2° Des types dont la morphologie s'écarte notablement de tout ce qui a été décrit jusqu'ici et pour lesquels il y a lieu de créer des cadres systématiques nouveaux. Un genre nouveau *Veryhachium* [génotype *V. trisulcum* (Deunff)], dont les espèces ornées de longs ou très longs processus droits ou recourbés sont également fréquentes dans le Silurien breton, sera décrit ailleurs.

Je signalerai ici :

1° le genre *Polyedryxium* nov. gen. ([3]). Type membraneux extrêmement curieux, caractérisé par une constante allure polyédrique (*fig.* 2 à 4, 8).

(*) Séance du 18 octobre 1954.

([1]) J. Deunff, *C. R. S. Soc. géol. Fr.*, 1954, n° 11, p. 239-242.

([2]) M. C. White, *The Amer. Journ. of Sc. and Arts*, 83, 1862, p. 385-386.

([3]) Genre *Polyedryxium* nov. gen. Microorganismes planctoniques fossiles conservés à l'état de matière organique de couleur jaune ou brune, rarement noire. Coque parallélipipédique ou prismatique dont les faces généralement incurvées vers l'intérieur délimitent un réduit plus ou moins exigu. Les arêtes des faces concourrantes sont pourvues de membranes portant de courts ornements dentelés plus ou moins nombreux. Les angles sont également terminés par des digitations. Dimensions de l'ordre de 20 à 60 μ. Génotype : *Polyedryxium deflandrei*, n. sp. (*fig.* 8).

2° Le genre *Anthatractus* nov. gen. ([4]) fort différent de toutes les espèces de microfossiles rencontrées jusqu'ici, dont la coque fuselée est ornée à ses deux extrémités de processus à disposition florale (*fig.* 12).

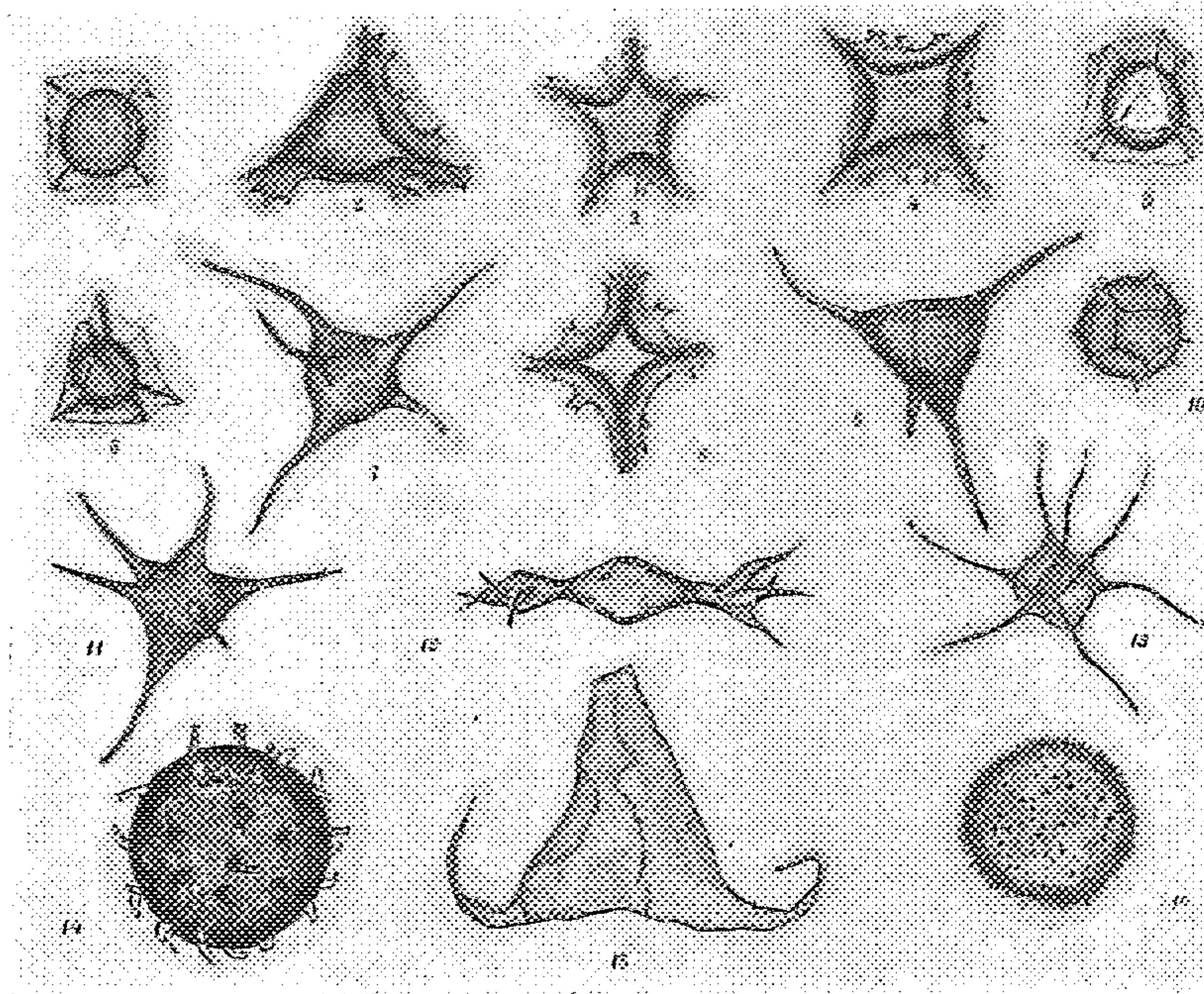


Fig. 1 à 16. — Hystrichosphæridés dévoniens du Canada. — 1, *Cymatiosphæra cubus* n. sp.; 2, *Polyedryxium* n. g. *tectum* n. sp.; 3, *P. bathyaster* n. sp.; 4, *P. diabolicum* n. sp.; 5, *Cymatiosphæra fagoni* n. sp.; 6, *C. prismatica* n. sp.; 7, *Veryhachium* n. g. *eisenacki* n. sp.; 8, *Polyedryxium deflandrei* n. sp.; 9, *Veryhachium tetraëdron* n. sp.; 10, *Cymatiosphæra canadensis* n. sp.; 11, *Veryhachium mamillatum* n. sp.; 12, *Anthatractus* n. g. *insolitus* n. sp.; 13, *Polyedryxium pharaonis* n. sp ; 14, *Micrhystridium paucispinum* n. sp.; 15, *Veryhachium asymmetricum* n. sp ; 16, *Micrhystridium sericum* n. sp. Localité : Decew, Ontario (Canada). — Grossissements. — fig. 1 à 8, 10, 11, 15 : 270; fig. 9 gr. 335 env.; fig. 13, gr. 300; fig. 12, 14, 16 : 675.

3° Un certain nombre d'espèces nouvelles appartenant aux genres : *Cymatiosphæra* O. Wetzel, emend. G. Deflandre, récemment révisé ([5]) (*fig.* 1, 5, 6, 10), *Hystrichosphæridium* Defl., *Micrhystridium* Defl. (*fig.* 14, 16), *Leiosphæra* Eis., *Leiofusa* Eis. et quelques organismes particuliers affectant des formes simples : tétraèdres, dodécaèdres (fait assez rare dans les espèces organiques). A tous ces organismes, qui trouvent leur place dans l'ordre des *Hystrichosphæridea* Eis., s'ajoutent d'assez nombreux *Chitinozoaires* des genres *Conochitina* Eis. et *Lagenochitina* Eis.

([4]) *Anthatractus* nov. gen. Coque de matière organique jaunâtre, formée de trois parties : un corps central largement fuselé, clos, portant à chacune de ses extrémités un appendice plurilobé évoquant l'aspect d'un calice. Dimensions : longueur : 50-55 μ, largeur max. : 10 μ. Génotype : *Anthatractus insolitus*, nov. sp., (*fig.* 12).

([5]) G. Deflandre, *C. R. Soc. Géol. Fr.*, 1954, n° 12, p. 257-259.

La connaissance des nouvelles conditions particulières de conservation des Hystrichosphères (qui avaient déjà été supposées par G. Deflandre, mais encore jamais rencontrées) permet maintenant d'envisager et d'étendre les investigations, limitées généralement jusqu'ici à l'examen, soit des nodules (siliceux, calcaires, phosphatés, etc.), soit de la masse même des roches sédimentaires, *aux restes fossiles* des différents groupes d'animaux dont le système interne de division des cloisons est susceptible de retenir le microbios des sédiments fins dans un parfait état de conservation. Tel est le cas présenté par les Polypiers, dont le rôle dans l'édification des récifs a été prépondérant au cours des temps géologiques ([6]).

GÉOPHYSIQUE. — *Sur les phénomènes de focalisation dus à la houle ionosphérique et la détermination du nombre de chocs.* Note de MM. **Karl Rawer** et **Émile Argence**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'interprétation habituelle des mesures de l'amplitude des échos ionosphériques suppose que la région ionosphérique considérée est plane et stratifiée. La mesure des amplitudes de deux échos successifs permet alors de déterminer le coefficient apparent de réflexion ρ et le rayonnement vertical de l'émetteur. Un certain nombre d'observations ne peut être interprété à l'aide de cette hypothèse simple, il existe des cas par exemple où l'amplitude du deuxième écho est supérieure à celle du premier.

En accord avec W. R. Piggott ([1]) ([2]), nous attribuons ces effets à l'influence d'une « ondulation » de la surface réfléchissante.

L'étude du cas d'une houle sinusoïdale et cylindrique nous montre que seul le rayon de courbure de la surface réfléchissante joue un rôle important. Si nous désignons par h_0 l'altitude de la couche ionisée et par r le rayon de courbure, les termes supérieurs en h_0/r étant négligés, nous obtenons pour expression de l'amplitude d'un écho d'ordre p

$$E_p = E_0 \frac{\rho^p}{2ph_0} \frac{1}{\sqrt{\left|1 - p\frac{h_0}{r}\right|}}$$

Nous voyons que l'effet de courbure devient prépondérant lorsque l'on s'approche de la condition de focalisation $r = ph_0$ (nous négligeons les focalisations d'ordre supérieur). D'autre part, l'influence des courbures négatives pouvant être négligée, nous avons un effet dissymétrique.

([6]) Je signalerai également que j'ai employé avec succès les méthodes de coloration utilisées pour les microfossiles des silex et des marnes et que le bleu de méthylène et la fuschine basique de Ziehl ont fourni de délicates colorations des membranes.

([1]) K. Rawer, *J. of. Atm. Terr. Phys.*, 2, 1951, p. 38.

([2]) W. R. Piggott, *P. I. E. E.*, 100, III, 1953, p. 61.

La détermination des amplitudes de trois échos successifs permet de déterminer les paramètres ρ, E_0 et h_0/r. De jour, le troisième écho est trop faible pour être mesuré, par contre les observations de nuit se prêtent très bien à une telle étude. Nous avons procédé à un nouveau dépouillement de mesures déjà anciennes interprétées d'après le schéma classique, 30 % des observations avaient conduit apparemment à une absorption négative ($\rho > 1$) (3).

Notre interprétation actuelle nous montre que l'influence de la courbure est particulièrement importante pour les cas où l'interprétation classique conduit à l'existence d'un coefficient de réflexion supérieur à l'unité, le nouveau champ de dispersion des valeurs de ρ en fonction de f/f_c (f désignant la fréquence et f_c la fréquence critique) diffère nettement de l'ancien, la dispersion diminue considérablement et la médiane prend une nouvelle valeur.

Si l'on adopte l'hypothèse suivant laquelle la fréquence des collisions électrons-molécules neutres est prépondérante nous trouvons

$$\nu \simeq 400 \text{ (}\nu\text{ nombre de chocs).}$$

pour le centre de la couche F2 durant les nuits d'hiver. Les mesures médianes interprétées suivant la méthode classique nous avaient donné :

$$\nu \simeq 200.$$

Les valeurs que nous en déduisons pour la densité sont supérieures à celles obtenues à l'aide des fusées (4).

Comme nous l'avons indiqué dans une précédente publication il semble utile de faire entrer en ligne de compte les fréquences de collisions électrons-ions déduites des relations de Ginsburg (5) ou de Majumdar (6)

PHYSIQUE DE LA HAUTE ATMOSPHÈRE. — *L'amplitude anormale des effets saisonniers dans l'ionosphère équatoriale et la structure de la haute atmosphère.* Note de MM. **Francis Delobeau** et **Roger Gallet**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. Observations. — Nous avons étudié un certain nombre de phénomènes ionosphériques très différents dans les régions équatoriales : absorption par la couche D, ionisation maximum et structure de la couche F_2. Nous trouvons sous la grande diversité des propriétés, un caractère commun inattendu concernant leurs variations au cours de l'année. Nous obtenons

(3) K. Rawer, K. Bibl et E. Argence, *Mém. de la Soc. Roy. des Sc.*, Liége, 4, 1952, p. 269-280.

(4) H. E. Newell, *High Altitude Rocket Research* (Academic Press, New-York, 1953).

(5) *Journal of Physics* (U. R. S. S.), VIII, 1944, p. 253.

(6) *Zeitsch. f. Physik*, Bd. 107, p. 599-622.

des *effets saisonniers* d'une amplitude *anormalement grande* par rapport aux faibles variations géométriques de l'angle zénithal solaire et par comparaison avec les mêmes effets dans les latitudes moyennes ou élevées. Nos observations comprennent au moins les phénomènes suivants :

Absorption (couche D). — Les mesures d'absorption sont rares. A Singapour (1°,3 Nord) l'onde biannuelle est très nette avec minima aux solstices, mais l'amplitude est beaucoup trop grande pour l'effet géométrique sur cos χ.

Propagation. — Les instants d'apparition et de disparition de signaux LORAN émis en Floride (U. S. A.) et reçus à Dakar (A. O. F.) montrent un déplacement saisonnier d'une amplitude de 3 h entre été et hiver. Le phénomène régi par l'absorption ne peut s'expliquer en considérant seulement les variations des heures de lever et de coucher du Soleil le long du parcours.

Couche F_2 (ionisation). — Les variations de *densité électronique maximum* sont très complexes, quel que soit le lieu géographique, comme il est bien connu. Néanmoins les *moyennes mensuelles* pour l'ensemble des 24 h montrent une variation saisonnière nette annuelle aux latitudes élevées, biannuelle à l'équateur (Singapour) parallèle à cos χ. Mais ici aussi *l'amplitude* au voisinage de l'équateur est anormale comparée à celle des latitudes élevées. De plus il semble en être de même pour le *contenu électronique* total de la région F ($F_1 + F_2$) malgré le peu de résultats à notre disposition sur cette valeur (Singapour).

Stratification F 1,5 (située entre les couches F_1 et F_2). — Caractéristique des basses latitudes cette stratification est un phénomène diurne avec maximum de probabilité vers midi. Sa répartition géographique semble liée à la position magnétique. Cependant à Dakar (14°,6 N) cette apparition intéresse 50 % des heures diurnes en été et seulement 5 % en hiver alors que cos χ varie assez peu. A Lwiro (2°,3 S), Congo Belge et à Singapour on observe exactement les mêmes résultats mais avec six mois d'opposition. Les stations de Djibouti (11°,5 N) et Nhatrang (12°,2 N) donnent aussi une onde annuelle également grande avec des maxima d'été.

2. Interprétation. — Le phénomène général important dans tout ceci est l'amplitude remarquable de la réponse de l'ionosphère à de faibles variations géométriques, à tous les niveaux de la haute atmosphère. Les théories habituelles indiquent une variation dépendant d'une fonction simple de cos χ. Dans les régions équatoriales cos χ à midi, varie trop faiblement pour rendre compte des effets saisonniers observés, si *l'atmosphère attaquée conserve la même structure.* Nous proposons d'interpréter ces observations en termes de variations de structure de la haute atmosphère au cours de l'année pour un même lieu. Sous ce terme structure nous avons surtout en vue la température et son gradient, peut être aussi

la dissociation moléculaire (niveau et répartition de la dissociation), et les caractères dynamiques (marées, vents, turbulence).

De façon plus précise la structure est certainement fonction de la latitude et nous connaissons déjà des mesures dans ce sens. Mais *l'équateur effectif* ne reste pas fixé sur l'équateur géographique. Il suit le mouvement du Soleil et doit être proche du petit cercle ayant le Soleil au zénith à midi (latitude sub-solaire). En décembre l'équateur effectif est donc voisin du tropique du Capricorne. Une station à l'équateur trouve ainsi au-dessus d'elle une atmosphère dont l'état est celui d'une latitude de 23° N. Aux équinoxes les équateurs effectifs et géographiques se confondent. En juin la station à l'équateur possède une atmosphère de latitude 23° S, l'équateur effectif étant voisin du tropique du cancer.

Nous remarquons que les isothermes de surface possèdent ces caractéristiques et que ceci est très naturellement lié à *l'insolation totale.*

En d'autres termes pour une station à l'équateur aux solstices, non seulement le rayonnement solaire attaque l'atmosphère sous l'incidence 23° mais encore la structure de cette atmosphère correspond à une latitude de 23° environ.

Les observations d'effets saisonniers peuvent donc nous fournir des paramètres de la variation de l'atmosphère suivant la latitude.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Dorsi-ventralité du mouvement révolutif des vrilles.*

Note de M. **Lucien Baillaud**, présentée par M. Raoul Combes.

Le grand axe de la trajectoire, qui relie les deux points où la vitesse est minimum, est dans le plan de symétrie dorsi-ventral de la partie active de la vrille; la vitesse est donc minimum lorsque la zone de croissance maximum affecte les faces adaxiale et abaxiale de la vrille; la vitesse est maximum lorsqu'il s'agit des faces latérales.

Les vrilles de Cucurbitacées, de Passifloracées et de Légumineuses ont un mouvement de circumnutation périodique; leur périodicité peut être envisagée de deux façons :

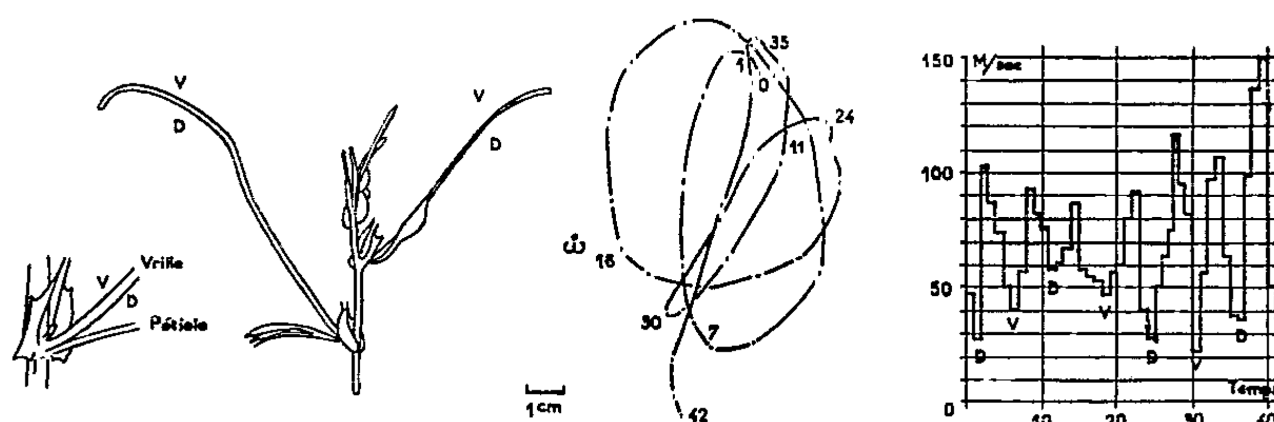
1° d'après la trajectoire parcourue par le sommet, lorsqu'elle est régulière; une révolution est effectuée en *une période*, au cours de laquelle la zone de maximum de croissance a affecté successivement toutes les génératrices de la vrille;

2° d'après les variations rythmées de la vitesse linéaire du sommet (ainsi que de la courbure de la vrille et de la hauteur du sommet), variations étudiées par A. Tronchet et ses coll. [1] : au cours *d'une période* la vitesse du sommet d'une vrille varie et présente deux valeurs maxima et deux valeurs minima alternées.

---

(1) A. Tronchet et Mme J. Tronchet, *Comptes rendus*, 223, 1951, p. 817.

Les vrilles étudiées ont une structure dorsi-ventrale; nous appellerons face « ventrale », ou adaxiale, la face tournée vers la tige et face « dorsale », ou abaxiale, la face opposée; au sommet, les vrilles ont souvent une forme crochue, la face ventrale étant convexe; une légère torsion de la vrille se manifeste parfois au voisinage de la base, mais l'observation du « crochet » aide à déterminer quelle est la face « ventrale » dans les différentes parties de la vrille. La région de la vrille qui nous intéresse le plus est celle où se produisent les variations de vitesse de croissance qui provoquent le mouvement : cette région peut être observée dans chaque cas considéré; elle commence un peu au-delà de l'insertion de la vrille sur le rameau, au quart de la longueur par exemple, et se termine un peu en deçà de la région apicale crochue. En même temps que nous observions le déplacement du sommet selon la méthode habituelle, nous avons repéré les temps où la zone convexe (de maximum de croissance) affectait les faces dorsale, ventrale et latérales de la région active.



Vrilles de *Passiflora cœrulea*. — De gauche à droite. 1 : détail de l'insertion de la vrille sur la tige (V = face supérieure ventrale, D = face inférieure dorsale). 2 : rameau de Passiflore montrant la courbure des vrilles à leur sommet. 3 : projection orthogonale du sommet d'une vrille en nutation (les chiffres indiquent le temps mesuré en intervalles de 5 mn.). 4 : variations de la vitesse linéaire du sommet de la même vrille; les lettres V et D indiquent à quel moment la face convexe est la face ventrale ou la face dorsale; dans tous les cas la vitesse est alors minimum.

Une série d'observations portant sur des vrilles de *Passiflora cœrulea* L. et de *Lagenaria vulgaris* Ser. ([2]) nous ont donné les résultats suivants : la vitesse du sommet est minimum lorsque les faces dorsale ou ventrale sont atteintes par la convexité; elle est maximum lorsque la convexité affecte les faces latérales; la trajectoire décrite par le sommet est, conformément à la règle générale, une figure allongée et grossièrement symétrique par rapport à un grand axe : *ce grand axe, qui relie les positions où la vitesse est minimum, se situe, pour chaque révolution considérée, dans le plan de symétrie de la partie active de la vrille.*

Ces faits établissent l'identité des deux façons, que nous avons envisagées, de définir la période; ils permettent également de considérer les règles des variations de la vitesse des vrilles comme résultant d'un mou-

([2]) L. Baillaud, *Bull. Soc. Hist. nat. Doubs*, 54, 1951, p. 101.

vement dorsi-ventral de grande amplitude dont la vitesse croît et décroît deux fois par période, et d'une composante latérale plus faible; ainsi semble s'établir un rapprochement avec d'autres organes à structure dorsi-ventrale animés d'un mouvement d'oscillation dans leur plan de symétrie (feuilles, pétales, etc.).

Les figures se rapportent au mouvement d'une vrille de *Passiflora cœrulea* L. dont la base 0 immobile était disposée obliquement (ω, projection orthogonale de 0, est en dehors de la projection de la trajectoire). Les points d' « infléchissement maximum » [3], où la vitesse est minimum, sont numérotés 1, 11, 24, 35 (face ventrale convexe, hauteur minimum), 7, 18, 30, 42 (face dorsale convexe, hauteur maximum); les « lignes d'infléchissement » reliant deux points de vitesse minimum successifs, seraient les segments de droite (non figurés) 1-7, 7-11, 11-18, 18-24, 24-30, 30-35, 35-42; ces segments indiquent le plan dorsi-ventral de symétrie de la région active, plan qui ne passe pas par ω parce que la vrille considérée était tordue à sa base.

CARYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Méthode de mise en évidence des noyaux dans les cellules du* Penicillium chrysogenum *Thom*. Note de M. **Jacques Rombaut**, présentée par M. René Souèges.

On peut mettre en évidence l'acide désoxyribonucléique du mycélium et des spores du *Penicillium chrysogenum* en pratiquant dans la masse fongique la coloration par la méthode de Giemsa après hydrolyse par HCl/N, à 60°. Cette technique permet de suivre l'évolution des masses nucléaires à l'intérieur des spores et du mycélium.

La révélation de l'acide désoxyribonucléique du noyau des cellules bactériennes peut être faite à l'aide du colorant de Giemsa (éosinate de bleu de méthylène) après élimination de l'acide ribonucléique soit par hydrolyse acide (Robinow) [1], soit par hydrolyse diastasique à la ribonucléase (Tulasne et Vendrely) [2]. Le principe de cette coloration est applicable aux cellules des Ascomycètes et en particulier au mutant achromogène utilisé par nous T. P. 10 (souche Carvajal) issu du *Penicillium chrysogenum* Thom.

A. Technique. — La technique proposée permet d'opérer, dans la masse même du matériel étudié, l'adhérence sur lame étant difficilement compatible avec le maintien de l'intégrité morphologique. Le collage par l'albumine d'œuf, en particulier, est à rejeter car il enrobe les cellules d'un film protéique très gênant pour toutes les observations. Nous avons donc adopté au cours des examens cytologiques, le mode opératoire suivant :

(3) A. Tronchet et Mme J. Tronchet, *Ann. Scient. Franche-Comté*, 2, 1947, p. 3.

(1) C. F. Robinow in *The bactérial cell de R. Dubos*, Harward University Press, 1947.

(2) R. Tulasne et R. Vendrely, *Nature*, 160, 1947, p. 225.

1° *Préparation du matériel.* — Un prélèvement provenant d'une suspension de spores ou d'une culture agitée de la souche P 10, mutant achromogène du *Penicillium chrysogenum*, est placé dans le bol d'une centrifugeuse à main de laboratoire. Après centrifugation de 15 s à la vitesse de 500 t/mn, le liquide surnageant est éliminé.

2° *Hydrolyse chlorhydrique* (élimination de l'acide ribonucléique). — Les spores ou les cellules mycéliennes formant le culot de centrifugation sont dispersées dans une solution normale d'acide chlorhydrique jouant également le rôle de fixateur. La suspension ainsi obtenue est placée au bain-marie à 60° C pendant 10 mn.

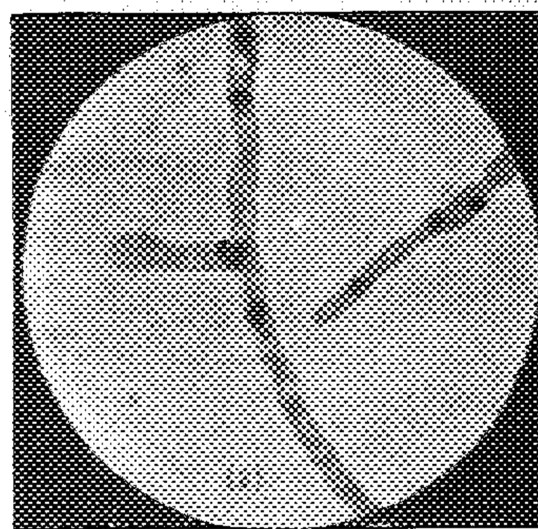
3° *Lavages.* — Trois lavages successifs sont effectués par centrifugation au moyen d'une solution phosphatée tamponnée à pH 7 répondant à la formule suivante :

Phosphate monopotassique anhydre	M/50	liqueur *a*
Phosphate disodique à $12H_2O$	M/30	
Chlorure de sodium	M/50	

4° *Coloration.* — Après le dernier lavage, le culot de centrifugation est mis en suspension dans une solution diluée de Giemsa préparée extemporanément à raison de trois gouttes de colorant de L. Giemsa dans 3 cm³ de la solution phosphatée tamponnée à pH 7 (liqueur *a*). Le temps de contact nécessaire est de 15 mn à la température du laboratoire (20-22° C). Les examens microscopiques sont effectués sur les spores ou les hyphes en suspension dans le colorant dilué entre lame et lamelle lutée à la paraffine.



1. Aspect des noyaux à l'intérieur des spores. G = 2400.



2. Aspect des noyaux à l'intérieur du mycélium. G = 2400.

B. Observation cytologique. — La micro-photo n° 1 montre l'aspect des masses nucléaires à l'intérieur des spores du *Penicillium chrysogenum* P 10 après 10 h de cultures dans un milieu de sporulation pure étudié par nous ([3]) et de composition suivante : saccharose, 0,5 g; lactose, 20 g;

([3]) J. Rombaut, *Ann. pharm. françaises*, 12, 1954, p. 214.

nitrate de sodium, 6 g; phosphate monopotassique, 1,5 g; sulfate de magnésium, 0,5 g; chlorure de calcium, 25 g; eau distillée q. s. pour 1000 cm³. A l'état statique et après maturation complète, la spore est uninucléée. Elle se divise au stade prégerminatif et devient polynucléée cependant que son volume s'accroît.

La microphotographie n° 2 met en évidence la position des noyaux dans les hyphes après germination des spores. Les divisions nucléaires apparentes ont lieu surtout dans les parties terminales où la croissance est la plus active.

Cette même technique de coloration nous a permis également d'étudier en détail les phénomènes de division nucléaire accompagnant la sporulation et le développement mycélien du *Penicillium chrysogenum* P 10, en culture agitée, ainsi que les migrations des noyaux au cours d'anastomoses mycéliennes du *Penicillium notatum* P 1209 issues de spores différentes.

APICULTURE. — *Sur la formation des cellules royales dans une ruche non orpheline.* Note de M. **Alain Caillas**, présentée par M. Émile Roubaud.

Il était admis jusqu'ici que la production des cellules royales ne pouvait être obtenue que dans une colonie d'abeilles préalablement rendue orpheline. Cette Note a pour but de démontrer que, dans certaines conditions, la production de cellules royales peut être obtenue à l'intérieur du nid à couvain, en présence de la reine.

Dans une colonie normale d'abeilles, la reine n'est remplacée spontanément que dans deux cas bien déterminés :

1° Lorsque la ruche est devenue orpheline par suite de la mort de la reine, lorsque celle-ci est arrivée au terme de sa vie, qu'elle a disparu par accident, ou a été tuée par les ouvrières, en raison du déclin de sa ponte.

2° Lorsque la colonie considérée prépare l'essaimage.

Les méthodes d'élevage artificiel des reines, et celles qui tendent à la production de la gelée royale sont presque toutes basées sur l'orphelinage.

Un seul procédé préconisant l'élevage des reines dans une ruche se préparant à l'essaimage a été indiqué, en 1903, par l'allemand Wankler.

Cette méthode, fort compliquée et difficile à réussir, utilise exclusivement des cellules de mâles. A la vérité, c'est plutôt une curiosité qu'un procédé d'usage courant.

Au cours d'expériences exécutées par l'auteur de cette Note, en mai et juin 1954, il a été possible d'obtenir dans des ruches normales, sans aucun artifice, et notamment sans grille à reine, la production de cellules royales dans le nid à couvain. Et cela, en présence de la mère de la colonie, sans claustration ou enlèvement temporaire de cette dernière.

Pour réussir, les conditions suivantes doivent être réunies :

a. Il faut opérer exclusivement sur une très forte colonie, dont la population soit de l'ordre d'environ 40 000 abeilles, au minimum. On ne peut y parvenir que par une préparation appropriée, et notamment par un nourrissement spéculatif ayant stimulé la ponte de la reine, dont l'âge ne doit pas dépasser deux ans.

b. La température extérieure doit être favorable, les fleurs abondantes au-dehors, et la colonie d'expérience sera avantageusement protégée du froid de la nuit par un dispositif convenable.

Ces impératifs placent la colonie dans une ambiance telle qu'elle doit envisager l'essaimage à plus ou moins longue échéance, puisque les conditions de cet essaimage se trouvent réalisées : augmentation de la température interne et abondance d'une population qui ne tardera pas à se trouver trop à l'étroit dans sa ruche. Enfin, prédominance des jeunes abeilles, et par conséquent des nourrices, indispensables à l'alimentation des larves royales, but qui est recherché.

Dans ces conditions, la colonie est à l'état d'équilibre assez instable. C'est à ce moment que l'apiculteur doit intervenir, pour remplacer un cadre de couvain par un autre contenant des cupules de cire (amorces artificielles de cellules royales). Ces cupules auront, au préalable, été greffées, c'est-à-dire pourvues de jeunes larves âgées de 12 à 36 h, les seules pouvant être prises en élevage royal.

Dès que le cadre en question est introduit dans la ruche, les cupules sont immédiatement transformées en ébauches de cellules, tandis que la colonie se maintient toujours en préparation d'essaimage, et sans que ce dernier se produise jamais au cours de la saison.

Les cellules ainsi obtenues contiennent une quantité relativement importante de gelée royale, pouvant atteindre, au deuxième jour, jusqu'à 350 et 400 mmg, alors qu'avec les autres procédés, on ne dépasse guère la moitié.

En résumé, il est possible d'obtenir la formation de cellules royales dans une ruche non orpheline et en présence de la reine, lorsque la population est nombreuse, composée en majorité de jeunes abeilles, et à température convenable.

On réunit ainsi toutes les conditions favorables à un essaimage, ces conditions pouvant se perpétuer pendant plusieurs semaines, sans jamais aboutir au départ de l'essaim, sous réserve d'introduire périodiquement dans la colonie un certain nombre de cupules contenant des larves d'âge convenable et de ne pas permettre l'éclosion de jeunes reines.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Sur l'existence de deux niveaux dans l'apprentissage de* Blatella germanica. Note (*) de M. **Michel Goustard**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'étude de la photocinèse de la Blatte montre que cet Insecte présente un comportement moteur dépendant des conditions de la photostimulation ([1]). L'objet de cette Note est l'analyse du parcours spatial, problème trop négligé dans la méthodologie des tropismes. De même que la photocinèse se modifie au cours des expériences répétées dans le temps, de même le trajet de l'animal dans le champ spatial subit des modifications : ce sont les modalités de ces modifications qui sont étudiées ici.

L'analyse du parcours de la Blatte est faite à l'aide du labyrinthe. Le dispositif expérimental est éclairé suivant les cas par une lampe déterminant un gradient lumineux, ou bien par un éclairage homogène; on obtient dans les deux types de photostimulation les phénomènes suivants : dans les plus faibles éclairements (au-dessous de 35 lx, au point maximum d'éclairement du champ spatial) comme dans les plus forts (jusqu'à 2 500 lx), la Blatte avance sur le labyrinthe, et présente un comportement qui consiste à entrer de moins en moins dans les culs-de-sac latéraux au fur et à mesure qu'elle progresse sur le labyrinthe. Un gradient de répartition des entrées dans les culs-de-sac, ou « erreurs » se manifeste quel que soit l'éclairement, que l'abri soit obscur ou non.

Ce premier type de réaction spatiale dépend de l'intensité de la photostimulation et de la contiguïté spatiale des éléments du champ; il peut être rapproché du comportement explorateur, mis en évidence chez beaucoup d'Insectes. Il garde le même aspect si l'on supprime la sensibilité des récepteurs antérieurs ou la sensibilité extra-oculaire. On ne peut rapprocher cette réaction du phénomène de photohorotaxie, car elle n'est pas modifiée par des changements dans la couleur des éléments du labyrinthe et du fond de la cuve sur laquelle celui-ci repose.

Un deuxième type de comportement apparaît si les deux conditions suivantes sont réunies : une certaine intensité de photostimulation (au-dessus de 35 lx) et la présence d'un abri obscur; au cours des expériences successives, on constate, outre la répartition « gradientielle » des erreurs, semblable à celle qu'on observe dans le premier type de réaction, une élimination des erreurs au cours des expériences. C'est principalement la contiguïté temporelle par rapport à l'abri obscur qui caractérise ce comportement. L'intégrité des récepteurs est nécessaire pour que l'apprentissage

(*) Séance du 18 octobre 1954.

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 114, 1950, p. 485.

spatio-temporel se manifeste : la suppression des yeux ou des ocelles le perturbe gravement.

Ces deux niveaux de comportement sont en étroite dépendance l'un de l'autre. Si, durant les premiers parcours de la Blatte sur le labyrinthe, on n'introduit pas d'abri obscur, seul le premier type d'apprentissage apparaît, mais on n'obtient pas d'élimination des erreurs jusqu'à ce qu'on ait introduit l'abri obscur; on constate alors une décroissance considérable et brusque des erreurs. Tout se passe comme si la Blatte avait enregistré de façon latente les parcours précédant l'introduction de l'abri obscur. Ces expériences se rapprochent de celles de Verron ([2]), et de celles qui, nombreuses, ont été effectuées sur les Vertébrés.

Ces expériences mettent en évidence les faits suivants :

1° la réaction spatiale de l'Insecte doit être étudiée au même titre que l'action de la photostimulation sur l'animal (tropisme, photocinèse).

2° nous trouvons, chez la Blatte, deux sortes de comportements dépendant de deux types différents de motivation. Le premier type de comportement est une première phase de l'apprentissage; il est en relation avec un niveau de motivation relativement bas; et, ainsi, demeure latent. L'introduction de la motivation par l'abri obscur (photonégativité de la Blatte) détermine seul l'apprentissage classique.

3° ces résultats ne sont pas sans valeur pour la psychophysiologie comparée et montrent l'importance de la motivation à chacun des niveaux de l'apprentissage. L'existence de l'apprentissage latent chez la Blatte, n'infirme pas la position de Hull ([3]), puisqu'une motivation se manifeste dès le premier niveau de l'apprentissage. Cependant l'existence de la contiguïté temporelle, au second niveau de l'apprentissage, donne à celui-ci une physionomie différenciant du type d'apprentissage qui se manifeste chez les Vertébrés, du moins de celui qui a été analysé par Hull.

PHYSIOLOGIE DES INSECTES. — *Présence d'histamine chez les Réduvidés hématophages.* Note de M. **François Pick**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'Histamine a été décelée physiologiquement dans la salive, l'hémolymphe, le contenu rectal et le sang ingéré de diverses espèces de Réduvidés hématophages.

Les réactions cutanées passagères qui peuvent être provoquées chez l'Homme, par la piqûre des Réduvidés hématophages, sont généralement attribuées à des substances toxiques non définies injectées avec la salive de ces insectes.

([2]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1442.
([3]) *Principles of behavior*, 1943.

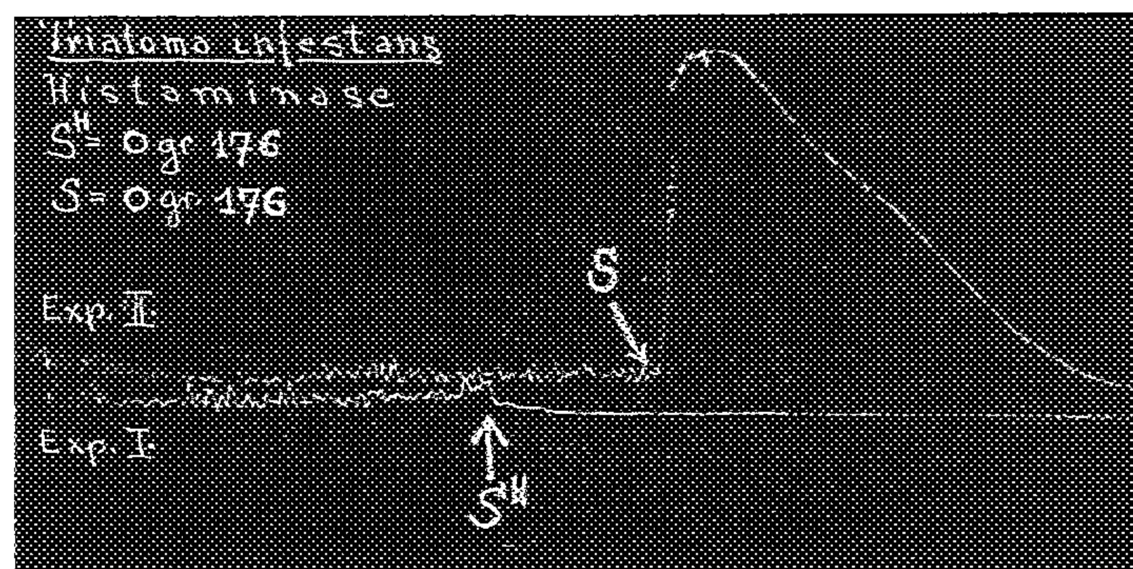
Or, l'apparition fréquemment observée, après les piqûres, d'un complexe cutané prurigineux passager, consistant en une vésicule entourée d'une zone érythémateuse, nous a paru superposable au Syndrome de *Lewis* (¹) qui est caractéristique d'une réaction histaminique. Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons mis en expérience des spécimens adultes des deux sexes de *Panstrongylus megistus* (Burmeister, 1835) Pinto, 1931; *Eutriatoma rubrovaria* (Blanchard in Blanchard et Brullé, 1843) Pinto, 1931; *Triatoma infestans* (Klug, 1834) Neiva, 1913; *T. brasiliensis* Neiva, 1911; *Rhodnius prolixus* Stal, 1859.

Nos premières recherches ont porté sur la présence chez ces Insectes d'histamine dans la salive, l'hémolymphe, le contenu rectal et le sang ingéré.

L'application de la technique de *G. S. Barsoum et J. H. Gaddum* (²) et de *C. F. Code* (³) n'a indiqué que la présence de très faibles quantités d'histamine, à peine décelables par les tests biologiques habituels.

Par contre, l'examen direct de ces différents prélèvements a relevé la présence de quantités appréciables d'une substance provoquant la contraction de la corne utérine chez la femelle cobaye vierge et de la partie terminale de l'iléon du cobaye jeune, ainsi que l'abaissement de la pression artérielle du chien. L'action de cette substance est abolie par les anti-histaminiques de synthèse et par l'histaminase (*voir* figure).

Des quantités correspondantes de sang frais mises en expérience, n'ont révélé aucune action histaminique.



Expériences sur la titration biologique de 0 g 352 de sang, prélevé dans l'intestin moyen d'une femelle de *Triatoma infestans*. — *Exp. I* : Incubation pendant 48 heures à 37°C de 0,176 g de sang dans une solution de Tyrode (2 cm³) en présence d'histaminase; SH : moment de l'addition de la solution, incubée à 13 cm³, d'une solution de Tyrode à 37°C baignant l'anse intestinale isolée d'un cobaye; *Exp. II* : Expérience témoin, portant sur l'incubation, pendant 48 heures à 37°C, de 0,176 g de sang en solution de Tyrode, (2 cm³) en absence d'histaminase; S : moment de l'addition de la solution incubée, à 13 cm³ d'une solution de Tyrode maintenue à 37°C, baignant l'anse intestinale isolée d'un cobaye, suivi d'une contraction brusque de l'intestin.

(¹) *The Blood Vessels of the Human Skin and their Responses*, London, 1927.

(²) *Journ. Physiology*, 85, 1935, p. 1.

(³) *Journ. Physiology*, 89, 1937, p. 257.

L'histamine a été décelée en quantité appréciable dans les déjections des Triatomes, ainsi que l'étude de l'action du contenu rectal sur l'intestin isolé du cobaye, en présence ou non de phénergan, nous a permis de le vérifier.

Comme confirmation de la présence d'histamine dans le contenu rectal (déjections) des Réduvidés hématophages, on pourrait rappeler les observations faites naguère par H. Galliard, L. C. Brumpt et R. Martinez ([4]). Ces auteurs ont signalé qu'après apposition de déjections de Triatomes sur des scarifications de la peau humaine, il se produit très rapidement une papule urticarienne entourée d'un cercle érythémateux de 5 à 6 cm de diamètre, réaction qui n'est pas spécifique et qui disparaît en quelques heures. En fait, cette observation nous paraît correspondre à l'élaboration d'un Syndrome de Lewis ([1]) par l'histamine contenue dans les déjections.

L'application locale des anti-histaminiques de synthèse, supprime rapidement le prurit provoqué par l'injection intradermique de la salive des Réduvidés hématophages, au moment des piqûres.

L'action histaminique de la salive, de l'hémolymphe, du contenu rectal et du sang ingéré étant indépendante de l'origine du sang prélevé par les Triatomes et les *Rhodnius*, rend vraisemblable que ces insectes peuvent élaborer une histidine-décarboxylase.

HISTOLOGIE. — *Les glandes neuro-sécrétrices des Pycnogonides.* Note de Mlle **Simone Sanchez**, présentée par M. Louis Fage.

Jusqu'à présent on n'avait jamais signalé de glandes neurosécrétrices chez les Pycnogonides. Cependant Morgan ([1]) parle d'organes ventraux chez les *Nymphon*. Dans les travaux de Dogiel ([2]) on note la description, chez *Nymphon strömi*, de formations particulières, les « Ventralorgane », accolées aux ganglions de la chaîne nerveuse. D'après ce dernier auteur chacun de ces organes serait formé par un amas de téloblastes qui, pénétrant dans le ganglion nerveux, permettrait la croissance de celui-ci. Morgan pense au contraire que les « organes ventraux » sont une invagination de la surface du ganglion. Ces organes n'ont été signalés que dans le seul genre *Nymphon*.

Au cours de l'étude du développement larvaire que nous avons faite de *Nymphon gracile* Leach, *Achelia echinata* Hodge, *Endeis spinosa* Montagu, nous avons retrouvé chez ces mêmes espèces, les formations cellulaires sommairement décrites par les auteurs précités. Ces formations ne

---

([4]) *Bull. Soc. Path. exot.*, 43, 1950, p. 204.

([1]) *Stud. Biol. Labor. John Hopkins Univers*, 5, 1891.

([2]) *Zeits. f. wiss. zool.*, 107, 1913.

sont visibles sous la forme décrite que chez les larves. L'évolution ontogénique en modifie la morphologie au point qu'on les discerne difficilement chez l'adulte. Il est possible cependant d'y distinguer les éléments cellulaires des glandes neuro-sécrétrices des cellules nerveuses.

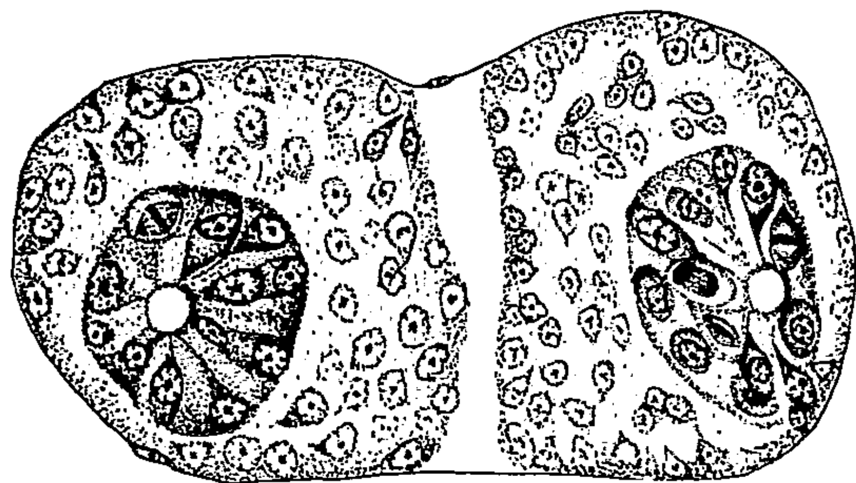


Fig. 1.

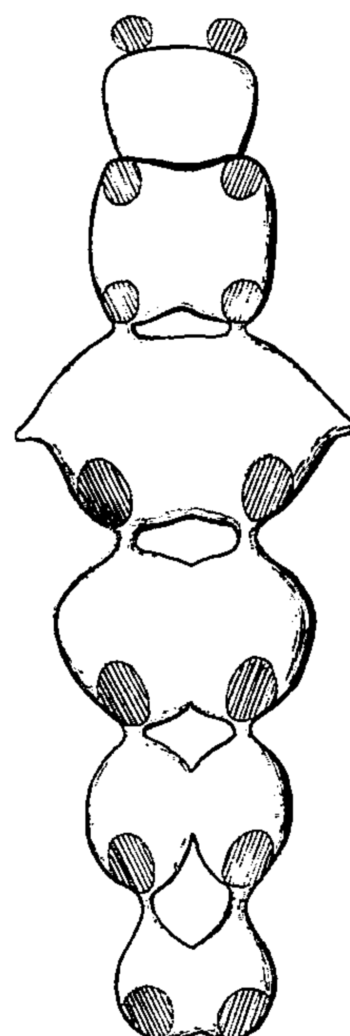


Fig. 2.

Ces organes sont constitués par des amas de cellules disposées radiairement autour d'une cavité centrale, quelquefois très réduite (*fig.* 1) ou même nulle. Les cellules qui les constituent sont caractérisées par une activité mitotique intense. Nous reviendrons sur l'histologie qui présente des variations intéressantes en rapport avec les genres considérés. Dans la cavité centrale et dans les espaces inter-cellulaires de ces formations, on peut observer quelques grains de sécrétions.

Morphologiquement et histologiquement ces organes vraisemblablement glandulaires, sont tout à fait comparables aux *Corpora allata* des *Phasmes* décrits par Cazal [3].

Mais contrairement aux corps allates des Insectes qui sont généralement au nombre de deux et situés à proximité du cerveau, les glandes des Pycnogonides sont accolées à la face ventrale de chaque masse ganglionnaire de la chaîne nerveuse. Il y a donc, parallèlement à la chaîne nerveuse, une double chaîne glandulaire (*fig.* 2). Le ganglion sous-œsophagien formé par la réunion de deux ganglions, en possède quatre. Nous nous

---

([3]) *Bull. Biol. de France et de Belgique*, suppl. 32, 1948.

proposons dans un travail plus important, en rapport avec l'étude embryologique que nous faisons, de revenir sur ce sujet qui mérite une étude plus approfondie.

ZOOLOGIE. — *Stades larvaires d'*Aristeomorpha foliacea (*Risso*) *et* Aristeus antennatus (*Risso*), *Décapodes Pénéides*. Note de Mme **Jeanne Heldt**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'auteur décrit quatre formes larvaires d'*Aristeomorpha foliacea* (Risso) et quatre d'*Aristeus antennatus* (Risso), espèces dont le développement était jusqu'ici totalement inconnu. Ses indications permettent une comparaison avec les formes *Protozoé* et *Mysis* correspondantes des autres Pénéides.

Sur les huit Pénéides signalés en Méditerranée occidentale, *Aristeomorpha foliacea* (Risso) et *Aristeus antennatus* (Risso) sont les seuls dont le développement est resté jusqu'ici complètement inconnu.

La présente Note, comblant en partie cette lacune, décrit quatre formes larvaires d'*Aristeormorpha* : dernier Nauplius, Protozoés 2 et 3, Mysis 1; et quatre d'*Aristeus* : Protozés 1, 2 et 3 et Mysis 1, ce qui permet de définir, pour ces espèces, les caractères de la Protozoé et de la Mysis.

Ces larves ont été récoltées au S. et SW. de Majorque, en août et septembre derniers, au-dessus des fonds où la pêche de ces crevettes était pratiquée industriellement par les chalutiers de Palma, aux profondeurs de 600 à 700 mètres.

Aristeomorpha foliacea. — *a. Dernier Nauplius*. — Longueur 0,80 mm dont 0,35 pour la carapace. Furca à 6 + 6 soies. A-1 plus grand que A-2. Maxilles et Maxillipèdes 1-2 libres mais étroitement appliqués contre l'abdomen. La constitution de la mandibule permet d'affirmer que le sujet est au dernier stade de la phase Nauplius.

b. Protozoé 2. — L = 1,9 mm. Carapace en poire. Rostre long, mince, s'élargissant progressivement à la base pour former une sorte d'auvent triangulaire surplombant la partie antérieure du corps. Furca à branches larges, épaisses; échancrure peu profonde, d'où aspect trapu caractéristique. Allongés vers l'avant A-1 et A-2 se terminent sensiblement au même niveau, ou bien A-1 dépasse A-2.Mxp-3 existe, rudimentaire, biramé, avec de longues soies.

c. Protozoé 3. — L = 3 mm ; carapace, 1 mm. L'auvent se trouve mieux individualisé ; 2 petites épines dirigées antérieurement s'en détachent un peu en avant des pédoncules oculaires. Aucune épine aux segments 1 à 5 de l'abdomen ; 2 fortes épines latérales au bord postérieur du 6e segment. Furca courte aux branches épaisses. Appendices thoraciques en nombre réduit : les 2 dernières paires de péréiopodes n'existent pas. Les uropodes sont longs, l'exopodite, plus grand que l'endopodite, peut atteindre l'insertion de la soie latérale externe de la furca.

d. Mysis 1. — L = 4,25 mm. A la carapace, une épine supra-orbitaire. Le rostre, long, se continue en arrière par une faible crête soulignée par deux épines, l'une au 1/3 antérieur de la carapace, l'autre en avant des épines supra-orbitaire. Les segments 1-5 de l'abdomen sans épine ; le 6e en porte 6, juste avant l'insertion du telson : 1 petite médio-dorsale, 1 forte

médio-ventrale et 2 latérales. Mxp-3 et les trois premiers péréiopodes ont leurs exopodites bien développés ; il n'y a pas d'indication de pince aux P-1, P-2 et P-3. Les P-4 et P-5 sont rudimentaires, biramés. Aux uropodes, très longs, l'exopodite dépasse le telson. Celui-ci, faiblement échancré au bord postérieur, porte 8 fortes épines à chaque lobe et 2 sur son bord latéral, la proximale se situant au 1/3 postérieur.

ARISTEUS ANTENNATUS. — *a. Protozoé* 1. L = 1,55 mm en fin de stade. Carapace arrondie portant des organes frontaux. A-1 plus petit que A-2. Mxp-3, rudimentaires, biramés, à endopodite très court et exopodite à 3 soies.

b. Protozoé 2. — L = 1,90 mm. Aspect grêle. Carapace en ovale peu allongé, rostre long et mince se détachant nettement du corps : il n'y a pas d'auvent. A-1 toujours plus court que A-2. La furca a des branches moins épaisses que celles d'*Aristeomorpha* et l'échancrure est plus profonde.

c. Protozoé 3. — L = 2,85 mm. Carapace (0,80 mm) munie d'un rostre long flanqué de 2 grandes épines supra-orbitraires qui recouvrent par leur base une partie du pédoncule oculaire. Segments 1-5 de l'abdomen sans épine ; au 6e 1 épine latérale au niveau de l'insertion des uropodes. Mxp-3, P-1, P-2 et P-3 rudimentaires. P-4 et P-5 n'existent pas. Uropodes très courts n'atteignant pas le fond de l'échancrure de la furca.

d. Mysis 1. — L = 2,95 mm sitôt après la mue. Carapace à rostre long incurvé vers le bas avec en arrière une carène forte mais courte. Présence de deux grosses épines supra-orbitaires et de deux épines ptérygostoniennes. Pas d'épine hépatique. Segments 1-5 de l'abdomen sans épine. Le 6e porte, postérieurement une épine ventrale et, de chaque côté, deux latérales. Telson à échancrure profonde dont les bords distaux se rapprochent, avec, à chaque branche, une épine latérale, interne 6 terminales et une latérale externe insérée au 1/3 postérieur.

Les larves étudiées d'*Aristeomorpha* et d'*Aristeus* montrent ainsi des caractères communs : aux Protozoés 1 et 2, présence de Mxp-3 ; à la Protozoé 3, absence d'épine aux segments 1-5 de l'abdomen, absence de P-4 et P-5 ; à la Mysis 1, absence d'épine aux segments 1-5 de l'abdomen, P-4 et P-5 rudimentaires.

Elle se différencient par la taille, l'allure, les épines et la forme de la carapace, de la furca ou du telson, la longueur des uropodes. Mais c'est surtout la pigmentation qui pemet de distinguer immédiatement les deux espèces : *Aristeus* a une coloration rouge clair peu intense, *Aristeomorpha* une coloration rouge ponceau beaucoup plus forte marquant particulièrement la furca ou le telson et les uropodes.

Comparées aux formes larvaires des autres Pénéides, celles d'*Aristeomorpha* et d'*Aristeus* sont parmi les plus grandes. Il n'est que *Solenocera* pour les dépasser. Mxp-3, dont la présence a été constatée aux Protozoés 1 et 2, manque aux stades correspondants chez les cinq espèces du genre *Penæus* étudiés à ce jour et chez *Trachypenæus constrictus*. Mais les caractères les plus frappants qui opposent la Protozoé 3 d'*Aristeomorpha* et d'*Aristeus* à toutes les autres jusqu'ici connues sont : absence totale d'épines aux segments 1-5 de l'abdomen, absence des péréiopodes 4 et 5. Ces caractères distinctifs se maintiennent chez la première Mysis où les deux dernières paires de pattes sont encore très rudimentaires.

Différents auteurs (Monticelli et Lo Bianco 1902-1903, Stephensen 1923, Gurney 1924, Burkenroad 1936) ont rapporté à *Aristeus* ou *Aristeomorpha* des formes larvaires trouvées dans le plancton. Les précisions qu'apporte notre étude permettent de relever l'inexactitude de toutes leurs hypothèses.

ZOOLOGIE. — *Deux cas de parthénogenèse chez les Éphéméroptères* : Siphlonurus æstivalis *Eat et* Centroptilum luteolum *Müll.* Note (*) de M. **Charles Degrange**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le premier cas de parthénogenèse signalé chez les Éphémères concernait l'espèce *Ameletus ludens* Needhm. C'est en 1905 que Clemens vérifia par des expériences précises la supposition de Morgan, à savoir que l'absence de mâles chez *Ameletus ludens* Needhm. devait entraîner une reproduction par parthénogenèse, démontrant ainsi la réalité de ce phénomène. Mais par la suite, le mâle d'*Ameletus ludens* Needhm fut découvert et décrit par Needham.

Pour d'autres espèces nord-américaines également, en particulier *Ephemerella rotunda* Morg., l'absence ou la rareté des mâles fit admettre la possibilité d'une reproduction sans fécondation.

Gros (1923), signalait le développement d'œufs extraits d'un subimago femelle de *Torleya belgica* Lest. sans toutefois pouvoir affirmer l'absence de fécondation.

Tout dernièrement Verrier (1954), à propos de pontes aberrantes chez les Éphémères, émettait l'hypothèse d'une reproduction parthénogénétique pour certaines espèces; un cas de parthénogenèse aurait été observé par G. Zerega-Fombona, mais non encore publié, chez *Caenis horaria* L.

Au cours d'études entreprises sur les Éphémères du Sud-Est de la France nous avons réussi à provoquer la ponte de femelles non fécondées appartenant à différents genres, généralisant ainsi l'observation de Grandi (1947) qui avait noté la déposition d'œufs chez des femelles non accouplées d'*Oligoneuriella rhenana* Imh.

L'examen de telles pontes nous a permis de découvrir deux cas de parthénogenèse dans deux genres d'Éphémères : *Siphlonurus æstivalis* Eat; et *Centroptilum luteolum* Müll.

Dans les deux cas, tous les imagos femelles utilisés provenaient de l'élevage de nymphes femelles âgées. Il est possible en effet de distinguer à un stade nymphal avancé les futures femelles des mâles, ces derniers étant reconnaissables à leurs genitalia. Les nymphes femelles rigoureusement isolées ont fourni des subimagos, puis des imagos qui ont été placés, après un temps variable, selon l'espèce, à la surface de l'eau, pour que la ponte se produise.

(*) Séance du 18 octobre 1954.

Des pontes de *Siphlonurus æstivalis* Eat., obtenues dans ces conditions au début de mai 1953, montraient fin septembre des embryons en développement et les premières éclosions débutaient à la mi-octobre pour se poursuivre jusqu'à la fin du mois. A noter qu'un développement avec diapause et de durée analogue, cinq mois environ, a été signalé pour *Ameletus ludens* Needhm. qui appartient également au groupe Siphlonuridien.

De même, des pontes provoquées de *Centroptilum luteolum* Müll., mises en incubation fin mars 1954, nous ont fourni au début de mai de nombreuses larvules et les éclosions ont continué pendant tout un mois.

L'absence ou la rareté des mâles ne peuvent donc plus être prises comme seuls critères de possibilité de parthénogenèse. En effet, si, pour *Siphlonurus æstivalis* Eat., le nombre des mâles trouvés dans les stations alpines semble très inférieur à celui des femelles, nous avons capturé par contre en proportions égales des individus des deux sexes de *Centroptilum luteolum* Müll.

La durée des éclosions d'une seule ponte non fécondée est particulièrement longue : 15 jours dans un cas (*Siphlonurus æstivalis* Eat.), un mois dans l'autre (*Centroptilum luteolum* Müll.); alors que, dans le développement normal des Éphémères, toutes les larvules d'une même ponte s'échappent des œufs en quelques heures.

L'étude des pontes provoquées, que nous poursuivons chez de nombreux genres d'Éphémères, semble permettre de penser que la parthénogenèse représente dans cet Ordre un mode de reproduction soit normal, soit accessoire mais particulier à certaines espèces.

BIOLOGIE. — *La périodicité sexuelle et les variations des genitalia femelles chez un Prosimien malgache,* Cheirogaleus major (*E. Geoffroy*). Note (*) de Mme **Arlette Petter-Rousseaux**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

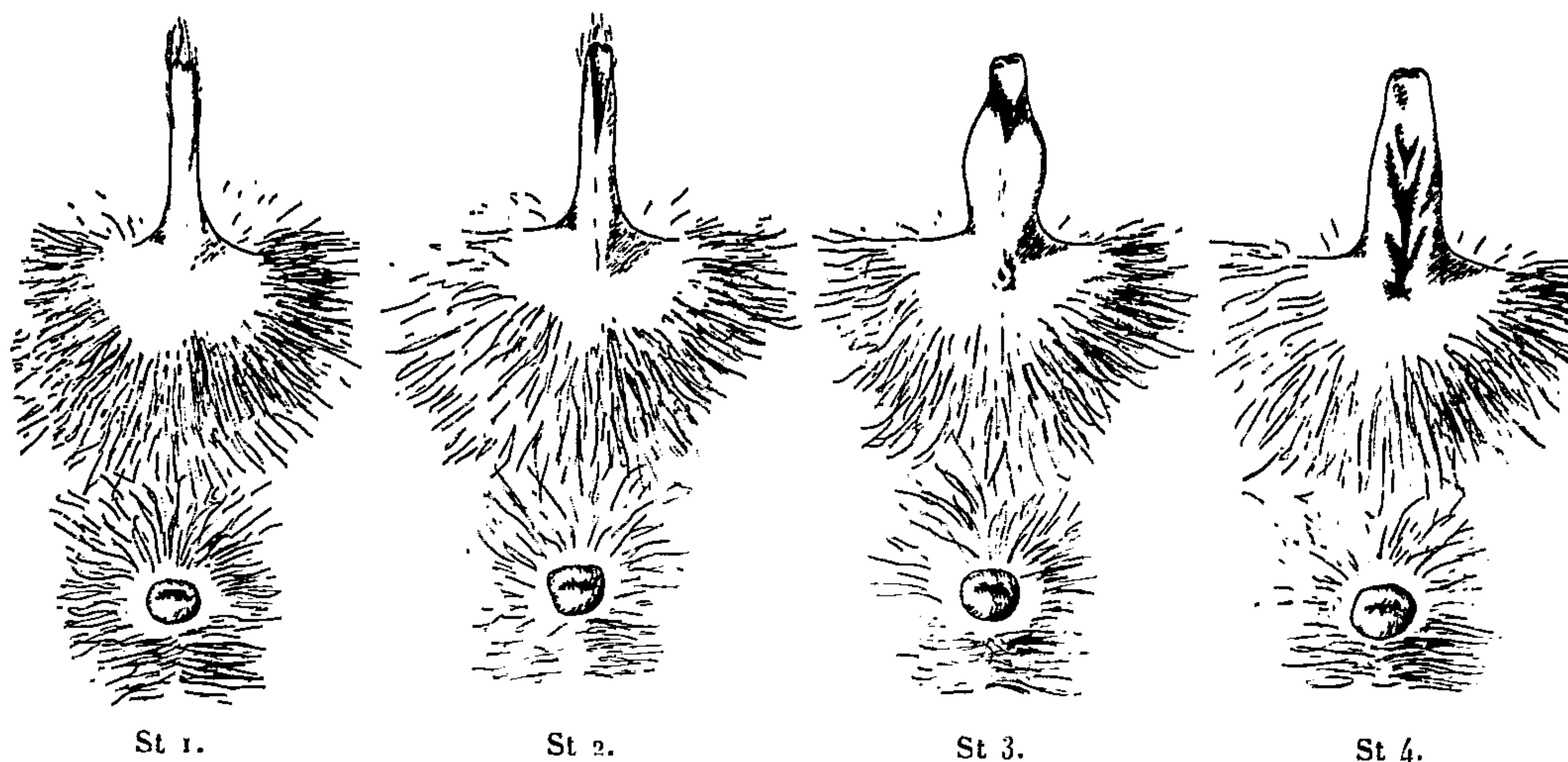
Les genitalia des Lémuriens, en particulier des Cheirogaleinæ, n'ont encore été que très peu étudiés. Chez *Cheirogaleus major* (E. Geoffroy), Pehrson (1) signale l'existence d'un clitoris allongé pourvu d'une ouverture entre les lèvres de laquelle débouchent l'urèthre et le vagin. Il n'indique aucune variation de cet organe, mais seulement une différence entre l'adulte et le jeune, chez lequel les deux lèvres sont soudées, recouvrant l'orifice urinaire et l'ouverture vaginale; à ce stade, la ressemblance avec un pénis est donc accentuée par le fait qu'il n'y a qu'une petite ouverture à l'extrémité du clitoris.

Nous avons pu, depuis mars 1953, effectuer des observations fréquentes

(*) Séance du 18 octobre 1954.

(1) T. Pehrson, *Anatomischer Anzeiger*, 46, 1914, p. 161-179.

sur deux femelles de *Cheirogaleus major* en captivité. Ces observations ont révélé d'importantes modifications périodiques de leur appareil génital externe de juin à septembre, comme en témoignent les figures ci-jointes.



St 1. St 2. St 3. St 4.

D'octobre à juin, aucun changement n'a été observé, et les genitalia présentent l'aspect de la figure St 1. Elles commencent à se modifier au début de juin. L'ouverture de l'extrémité du clitoris s'allonge sur sa face ventrale jusqu'à mi-longueur environ de cet organe (*fig.* St 2). Puis le clitoris se gonfle, atteignant environ trois fois son volume initial; la peau, qui était blanche, devient rosée. Sur la face ventrale, un très léger bourrelet se dessine, en continuation de l'ouverture jusqu'à la base du clitoris où il forme une petite protubérance; le centre de cette protubérance se creuse progressivement jusqu'à former un véritable orifice vaginal (*fig.* St 3). La partie comprise entre les deux ouvertures va s'ouvrir à son tour, la face ventrale du clitoris étant alors fendue sur toute sa longueur; en écartant les lèvres, on peut distinguer à mi-longueur l'orifice urinaire (*fig.* St 4).

A partir de ce stade, le clitoris ne cesse pas de diminuer de volume, tout en restant entièrement ouvert. Il reprend alors peu à peu ses dimensions et sa teinte primitive, puis les bords de l'ouverture se rapprochent et se ressoudent rapidement à partir de la base. Entre chaque cycle estival, cette soudure n'atteint jamais l'extrémité du clitoris comme pendant le repos hivernal, mais intéresse seulement la moitié de la longueur de l'organe (*fig.* St 2).

Les deux femelles que nous avons observées jusqu'ici ont présenté les modifications ci-dessus décrites de leurs génitalia, avec une périodicité régulière pendant les étés 1953 et 1954. Chaque cycle dura 25 jours environ, la seconde femelle étant passée par exemple par le stade III le 11 juin et le 5 juillet, et par le stade IV le 16 juin et le 10 juillet. Parallèlement,

nous avons noté une variation synchrone des frottis vaginaux : avant le stade III, les leucocytes abondent, puis ils se raréfient, disparaissent au stade IV, tandis que l'on observe une abondance de cellules cornées.

BIOLOGIE. — *Données sur le cycle évolutif de* Diplostomulum phoxini (*Faust,* 1918). (Trematoda, Diplostomidæ). Note de M[lles] **Lucie Arvy** et **Alice Buttner**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Limnæa auricularia L. héberge des sporocystes filiformes générateurs de furcocercaires qui, mises au contact de *Phoxinus lævis* Ag., pénètrent, en quelques minutes; 48 heures plus tard, on les retrouve dans le cerveau, où elles évoluent en *Diplostomulum*; la métamorphose est complète en 28 jours. L'ingestion par *Anas* de vairons infestés permet d'obtenir, en 4 à 6 jours, des *Diplostomum phoxini* ovigères.

La découverte d'une forte infestation due à *Diplostomulum phoxini* (Faust, 1918), dans le cerveau de *Phoxinus lævis* Ag., originaires de Seine-et-Oise, nous a incitées à rechercher l'évolution de cet Holostome. Observé pour la première fois par Matare ([1]), en 1910, ce parasite a été dénommé par Faust ([2]) (1918) *Tetracotyle phoxini* et Hughes ([3]), en 1929, en a fait un *Diplostomulum* ; il n'est connu qu'à ce stade.

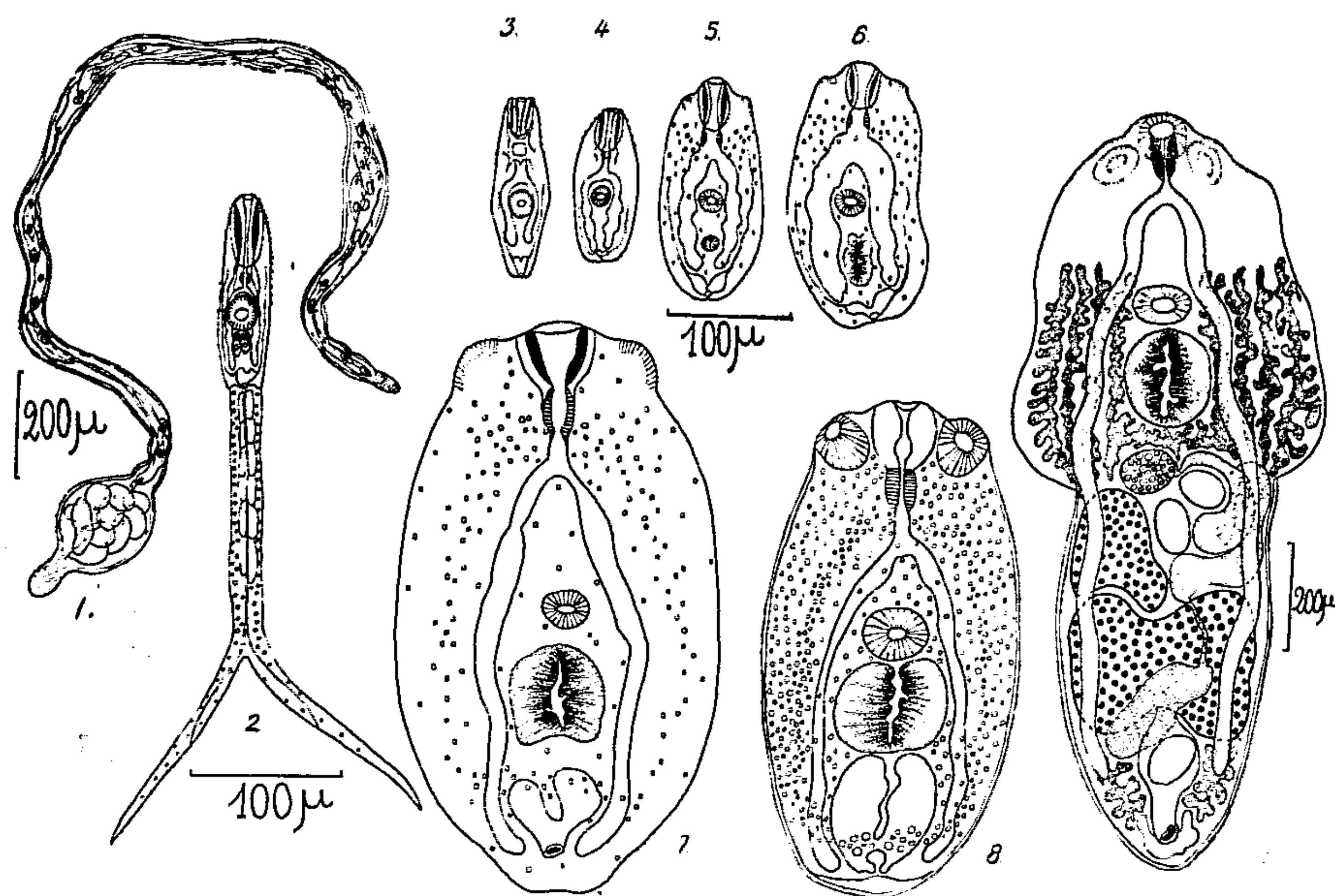
Cycle expérimental. — Les vairons infestés provenaient de cressonnières de la région d'Étampes (Châlo-Saint-Mars et Méréville), alimentées par deux rivières, la Chalouette et la Juine. Un troisième gîte a été découvert au « Moulin de Thuet », dans la rivière la Veude, aux confins du Domaine Universitaire de Richelieu (Indre-et-Loire). Tous les vairons en provenance de ces gîtes étaient parasités.

Sur 13 espèces de Gastropodes récoltées dans ces biotopes, une seule, *Limnæa auricularia* L. hébergeait la furcocercaire de *D. phoxini*. Le taux d'infestation naturelle était de 4 à 5 % dans la Veude. Les cercaires naissent dans des sporocystes; leur taux d'émission quotidien atteint 5 à 600 par limnée ; il est peu influencé par la température.

Les cercaires sont attirées électivement par *Phoxinus lævis*; 12 heures après l'infestation, on retrouve de multiples petits vers très actifs dans l'encéphale. La croissance et la métamorphose ne s'amorcent qu'au 7e jour (*fig.* 4), pour suivre ensuite une progression remarquable jusqu'au 28e jour (*fig.* 5, 6, 7). La taille dépasse alors notablement celle du *Diplostomulum* mûr, mais la cuticule reste mince, la mobilité presque nulle. Le développement s'achève par une régression de la taille et un épaississement de la cuticule (*fig.* 8). Sous cette forme, le ver, très agile, est infestant pour l'hôte définitif.

([1]) *Z. wis. Zoologie*, 94, 1910, p. 488-540.
([2]) *J. Parasitol.*, 5, 1918, p. 69-79.
([3]) *Occasional papers. Inus. Zool. Ann. Arbor*, n° 202, juin, 1929.

Ce dernier étant inconnu dans la nature, deux espèces de canards (*Anas boschas* L. et *Cairina moschata* L., *var. domestica*) ont été choisies comme hôtes expérimentaux; l'ingestion par 7 canards, âgés de 2 à 8 semaines, de 2 à 19 vairons infestés nous a permis de retrouver dans l'intestin grêle, après 4 à



6 jours, des vers adultes en proportion variable suivant l'âge de l'hôte. Un jeune *Anas* de 15 jours, ayant absorbé 13 vairons de la Veude (soit environ 3500 vers), présentait, 5 jours plus tard, près de 3000 adultes dans le grêle et d'innombrables œufs dans les selles. Ces œufs, non embryonnés, se sont segmentés dans l'eau, sans parvenir toutefois jusqu'au miracidium.

FORMES ÉVOLUTIVES. — *Sporocystes* (*fig.* 1) : blancs, filamenteux et noduleux, assez mobiles, formant une masse enchevêtrée, fixée sur le tube digestif, les glandes génitale et digestive; contiennent plusieurs cercaires mûres.

Furcocercaires (*fig.* 2) : nagent rapidement, puis s'immobilisent brusquement, la tête en bas, les furcas écartées. Cuticule spinulée jusqu'à mi-corps; épines antérieures plus denses et plus robustes. Dim. moyennes en μ : Corps, 125×35; Tronc caudal, 180 × 20; Furca, 150; Entonnoir oral, 50×20; V. O., 20×20; Pharynx, 12×12; V. V., 25×25 (couronne interne d'environ 28 longues épines, épaissies à la base); Œsophage court, cæca atteignant presque l'extrémité du corps; quatre glandes de pénétration post-acétabulaires; vessie petite, deux canaux excréteurs latéraux et un canal axial dans le tronc caudal; de part et d'autre de ce canal, six paires de grandes cellules.

Formes du cerveau, *Diplostomulum* (*fig.* 3, 4, 5, 6, 7, 8) : Dim. moyennes, en μ : 48 h : 130×50; 7 jours : 120×70; 13 j. : 180×80 (ébauches d'auricules et d'organe tribocytique); 18 j. : 210×110; 28 j. : 560×260; *Diplostomulum mûr* : 400×210.

Adultes (*fig.* 9 : Dim. moyennes, en μ : Taille, 1420×600; Seg. ant., 700×600; Seg. post. 720×200; V. O., 70×80; Pharynx, 70×45; V. V., 80×90; Org. tribocyt., 180×160 (parfois pédiculé); Ovaire, 75×110; Test. ant., 220×190; Test. post., 360×300;

ŒEufs, 93×70; Cæca dépassant le bord postérieur du dernier testicule; Vitel. répartis de part et d'autre de l'org. tribocyt. jusqu'au bord antérieur de la V. V., descendant latéralement jusqu'à l'extrémité du seg. post.

Discussion. — Le nom de ce Diplostome est dû à Faust ([2]) qui, en 1918, a le premier désigné spécifiquement la forme métacercaire qui lui correspond. Morphologiquement, il s'apparente étroitement à *D. baeri* Dubois, 1937, parasite de Stercoraires, et à *D. mahonæ* Dubois, 1953, trouvé dans l'intestin d'*Uria aalge* (Pont.). Mais, d'une part, ce dernier hôte ne peut être incriminé dans notre cas, car il est exclusivement marin; d'autre part, les Stercoraires ne seraient que des hôtes accidentels de nos gîtes dulcaquicoles, ce qui expliquerait difficilement l'intensité et la permanence d'infestation des hôtes intermédiaires. La furcocercaire appartient au groupe bien défini des cercaires possédant quatre cellules de pénétration post-acétabulaires, qui commencent leur évolution chez des Pulmonés et la terminent dans la cavité céphalique des Poissons. Cependant, à notre connaissance, elle diffère, par plusieurs caractères de toutes les cercaires décrites à ce jour.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur le mécanisme d'infestation des Copépodes par les cercaires de Trématodes Hémiuroïdes. Variations suivant les espèces.* Note (*) de MM. **Alain G. Chabaud** et **Jean Biguet**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le Copépode *Poppella guernei* Richard récolté dans un canal artificiel d'eau saumâtre ([1]), près de l'Étang-du-Canet (Pyrénées-Orientales), est fréquemment infesté par une métacercaire progénétique. La morphologie de la métacercaire correspond à celle d'un Trématode adulte : *Bunocotyle cingulata* Odh.

La cercaire correspondante, obtenue chez le Mollusque *Hydrobia stagnalis* est une cercaire cystophore : la queue comporte une dilatation proximale, qui se creuse en une chambre caudale, dans laquelle entrent secondairement, et s'enclosent, d'une part le corps de la cercaire, et d'autre part une formation particulière nommée tube éjecteur. Au contact du Copépode, deuxième hôte intermédiaire, le tube éjecteur s'évagine, et le corps de la cercaire emprunte le canal fourni par la lumière du tube éjecteur pour sortir, en se libérant de toutes ses annexes.

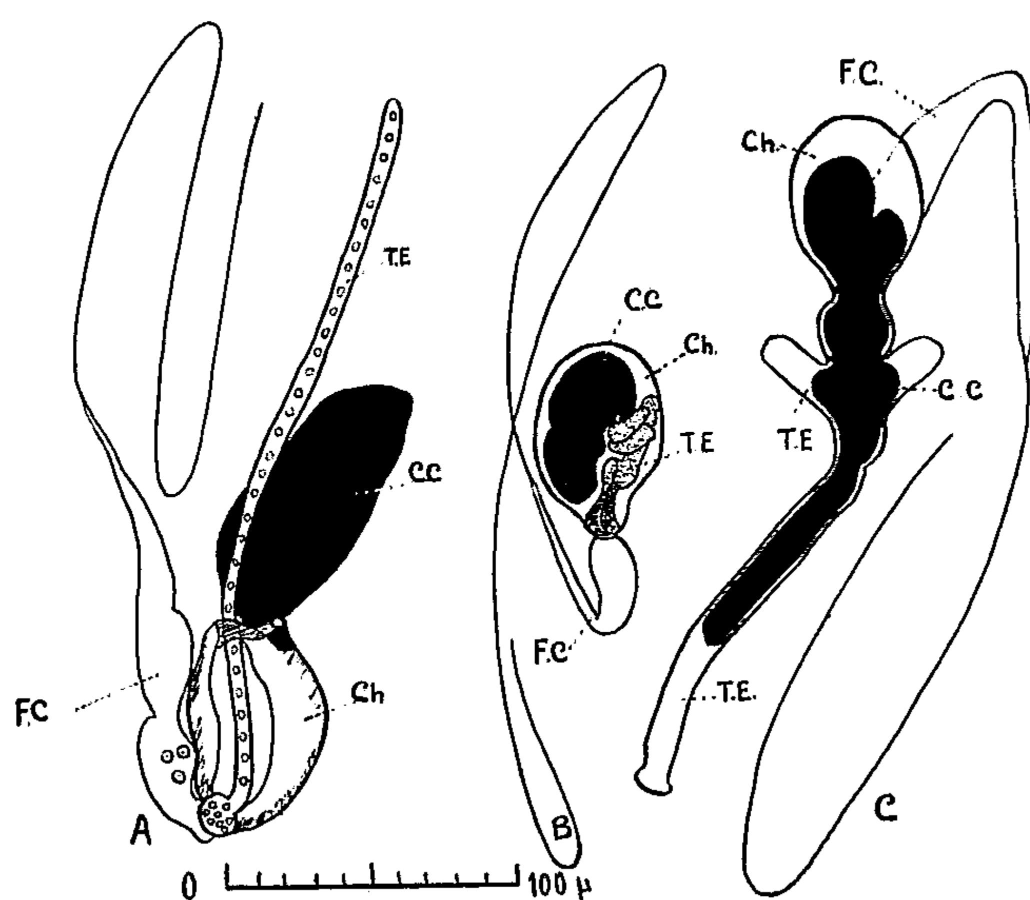
Le détail du mécanisme d'infestation du Crustacé semble montrer des différences très curieuses suivant les espèces. Le maximum de complexité est atteint chez *Halipegus occidualis*, étudié par Krull ([2]). Le tube éjecteur,

(*) Séance du 18 octobre 1954.

([1]) Le gîte est désigné sous le nom de « station 101 » dans les recherches effectuées par le Laboratoire Arago.

([2]) *Amer. Midland Natur.*, 16, 1935, p. 129.

en se détendant dans la bouche du Copépode, semble perforer la paroi digestive et inoculer directement le Trématode dans la cavité générale. (L'apex du tube est pourvu de granulations particulières.) Le mécanisme ne peut fonctionner efficacement que chez des Copépodes de petite taille. Dans certains cas, et toujours chez des Copépodes de grande taille, le corps de la cercaire se trouve projeté dans la lumière intestinale, et ne peut parvenir ultérieurement à traverser la paroi digestive; elle est alors rejetée avec les excréments. M. Rothschild ([3]) confirme le fait, dans le cas de *Cercaria sinitzini* Roths.



Cercaria : Bunocotyle cingulata Odhner 1928. — A, chez le Mollusque : le corps de la cercaire et le tube éjecteur ne sont pas encore entrés dans la chambre caudale; B, cercaire mûre émise par le Mollusque. Corps de la cercaire et tube éjecteur enfermés dans la chambre caudale; C, Éclosion chez le Copépode. La chambre caudale reste externe; le tube éjecteur s'évagine dans la bouche du Copépode et le corps de la cercaire passe à travers. C. C. : Corps de la cercaire. Ch : Chambre caudale. F. C. : Filament caudal. T. E. : Tube éjecteur.

L'observation faite avec la cercaire de *Bunocotyle* diffère légèrement des précédentes. La cercaire n'est jamais complètement ingérée par le *Poppella*. La chambre caudale fait toujours saillie hors de la bouche, et sous l'action des pièces masticatrices du Copépode, le tube éjecteur s'évagine seul dans la cavité buccale. Le corps de la cercaire, extraordinairement comprimé par le petit diamètre du tube éjecteur (à peine distendu sous son passage), se trouve projeté sous un état véritablement filiforme contre la paroi digestive; il pénètre instantanément dans la région céphalique de la cavité générale; nous n'en avons jamais vu qui soient libres dans l'intestin. La chambre et ses annexes se dégagent et retombent dans l'eau beaucoup

([3]) *The Royal Soc., London. Conversazione*, 22-6-1938, p. 15.

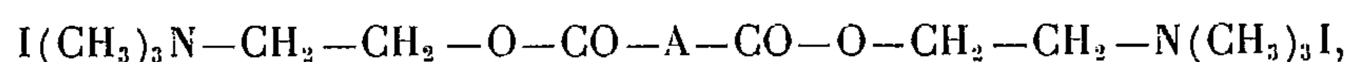
plus tardivement. Bien que nous ne puissions pas l'affirmer absolument, car le phénomène s'effectue très rapidement, nous ne pensons pas que, dans notre cas, le tube éjecteur perfore la paroi digestive du Copépode. La partie apicale du tube n'est d'ailleurs renforcée par aucune formation particulière. Nous supposons que l'état filiforme du ver et la pression qui le pousse contre la paroi digestive suffisent à assurer sa pénétration dans la cavité générale.

Thomas (4), chez *Halipegus eccentricus*, et Rankin (5), chez *H. amherstensis*, observent des phénomènes très différents. Chez ces espèces, le tube s'évagine également, mais cette fois hors de la bouche du Copépode. Le corps de la cercaire n'est pas inoculé dans la cavité générale; une partie des parasites parcourt le tube digestif sans parvenir dans la cavité générale et se trouve perdue mais un certain pourcentage perfore la paroi intestinale et gagne la cavité générale par ses propres moyens.

En conclusion, nous avons ici un phénomène d'adaptation parasitaire très complexe, d'une extraordinaire précision chez certaines espèces, et qui, chez d'autres espèces voisines, fonctionne à vide, tout en permettant pourtant la conservation du parasite. Les espèces actuellement étudiées sont zoologiquement proches les unes des autres (*Hemiuroïdea*, R. Ph. Dollfus), et il n'est pas possible de les sérier phylétiquement, ce qui aurait pu donner un argument en faveur soit d'une adaptation progressive à un mécanisme complexe, soit d'un phénomène primitif en cours de dégradation.

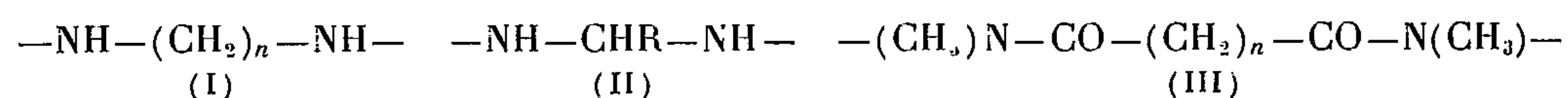
CHIMIE PHARMACOLOGIQUE. — *Sur les diiodures d'arylène* bis-*carbamoylcholines*. Note de MM. **Raymond Delaby, Pierre Chabrier, René Giudicelli, Henry Najer** et **Pierre-André Delaby**, présentée par M. Marcel Delépine.

Bon nombre de diiodures de *bis*-carbamoylcholines aliphatiques furent étudiés des points de vue chimique (1) et pharmacologique (2). Ils se rattachent à la structure



$$I(CH_3)_3N-CH_2-CH_2-O-CO-A-CO-O-CH_2-CH_2-N(CH_3)_3I,$$

le motif central A étant



$$\underset{(I)}{-NH-(CH_2)_n-NH-} \quad \underset{(II)}{-NH-CHR-NH-} \quad \underset{(III)}{-(CH_3)N-CO-(CH_2)_n-CO-N(CH_3)-}$$

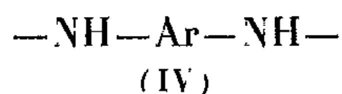
(4) *J. Parasit.*, 25, 1939, p. 207.

(5) *Trans. Amer. Microsc. Soc.*, 63, 1934, p. 149.

(1) R. Delaby, P. Chabrier et H. Najer, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2374; 235, 1952, p. 376; 236, 1953, p. 612.

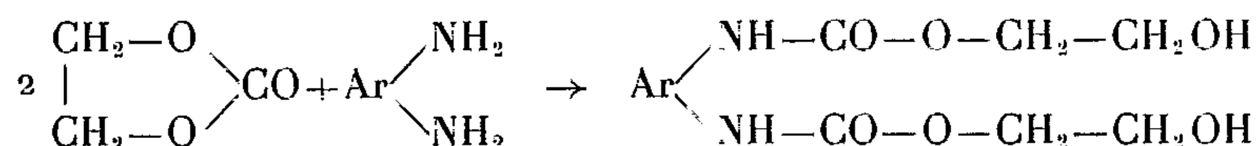
(2) J. Cheymol, R. Delaby, P. Chabrier, H. Najer et F. Bourillet, *Arch. int. pharmacodyn.*, 98, 1954, p. 161-181.

Poursuivant nos recherches sur l'activité curarisante, nous avons entrepris la synthèse de composés analogues en série aromatique, dans lesquels ce motif est alors



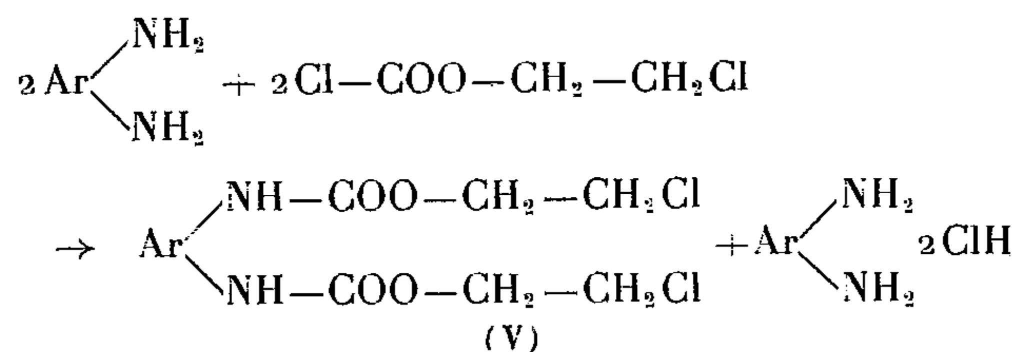
Ar représentant un radical phénylène, toluylène on naphtalylène.

L'application de la méthode qui nous avait si facilement permis d'accéder aux composés acycliques (I) aurait pu donner en un premier temps le diol, suivant la réaction



Or, si le carbonate de glycol s'additionne facilement aux amines et diamines acycliques, il est, dans les mêmes conditions, sans action sur les amines et diamines aromatiques.

Mais, en substituant au carbonate de glycol du chlorocarbonate de β-chloréthyle ([3]), nous avons obtenu directement l'arylène *bis*-carbamate de β-chloréthyle (V) :



La suite de la synthèse des diiodures IV est identique à celle décrite pour les composés aliphatiques : le dérivé chloré (V) est transformé en composé iodé correspondant (VI) par ébullition prolongée dans l'acétone avec un excès d'iodure de sodium anhydre. (Cette substitution n'a pas pu être réalisée dans le seul cas du naphtalène *bis*-(carbamate de β-chloréthyle)1.5 insoluble dans l'acétone).

Enfin, l'addition de triméthylamine à (VI) au sein de l'acétone à froid conduit aux iodures d'ammoniums quaternaires (IV). Ci-après les points de fusion de quelques dérivés de cette série :

$Ar(NH_2)_2$	C_6H_4 NH_2 (1) NH_2 (2)	C_6H_4 NH_2 (1) NH_2 (3)	C_6H_4 NH_2 (1) NH_2 (4)	C_6H_3 NH_2 (1) NH_2 (3) CH_3 (6)	$C_{10}H_6$ NH_2 (1) NH_2 (5)	$C_{10}H_6$ NH_2 (1) NH_2 (8)
(V)................	124°	125-126°	204-205°	85°	217° déc.	195-196°
(VI)...............	123°	144°	221°	120°	-	203°
(IV)...............	205-212° déc.	253-254° déc.	282° déc.	187°	-	220-222°
N° des produits.....	701	702	703	704	-	707

([3]) D. Sprinson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 2249.

La toxicité des cinq iodures d'ammoniums quaternaires (IV) a été déterminée chez la Souris par la méthode de Kaerber et Behrens :

l'ordre des toxicités croissantes est le suivant : ortho $<$ méta $<$ para pour les dérivés substitués du benzène;

en position méta, le dérivé du toluène est moins toxique que celui du benzène.

L'activité curarisante est mesurée par la chute de la tête du Lapin : les composés 701, 702, 707 en sont dépourvus. Les corps 704 et surtout 703 ne présentent une activité curarisante qu'à une dose nettement supérieure à la Dose Léthale 50 (D. L. 50).

Le tableau suivant indique les valeurs observées :

Produits n°	701	702	703	704	707
D. L. 50 voie I. V. (mg/kg)	100	3	2	4,8	17
Chute de la tête du Lapin (mg/kg)	Pas d'action		7,3	6,5	Pas d'action

PHARMACODYNAMIE. — *Sur la toxicité des tétraalcoylstannnanes symétriques.* Note de MM. **Fernand Caujolle**, **Michel Lesbre** et M[lle] **Denise Meynier**, transmise par M. Léon Binet.

Le tétrapropylstannane et le tétrabutylstannane ont été obtenus par la méthode de Krause et von Grosse, à partir du chlorure stannique en solution benzénique et de l'halogénure d'alcoylmagnésium correspondant (1). La même méthode ne conduit pas à des rendements satisfaisants avec les halogénures de rang supérieur; pour obtenir les tétraamyl, tétrahexyl, tétraheptyl et tétraoctylstannanes, après trois heures de reflux, l'éther doit être chassé et remplacé par du xylène, au sein duquel la réaction s'achève en six heures d'ébullition (rendements 63 à 90 %).

La purification et l'analyse des six stannanes normaux obtenus ont été réalisées suivant les techniques déjà indiquées (2). Les produits très purs utilisés au cours de nos essais présentaient les constantes physiques suivantes :

	Point d'ébullition (°C).	Indice de réfraction n_D^t.	Densité (d_4^{20}).
Propylstannane	113/10 mm	1,4748 à 20°	1,1070
Butylstannane	145/11 »	1,4739 à 19°	1,0541
Amylstannane	182/10 »	1,4738 à 17°	1,0159
Hexylstannane	193/ 3 »	1,4756 à 16°	0,9936
Heptylstannane	218/ 3 »	1,4729 à 19°	0,9743
Octylstannane	224/ 1 »	1,4730 à 18°	0,9609

(1) E. Krause et von Grosse, *Die Chemie der Metallorganischen Verbindungen*, Berlin, 1937, p. 315.

(2) M. Lesbre et R. Dupont, *C. R.* 78e *Congrès Soc. Sav. Toulouse*, 1953, p. 431.

Nature du tétraalcoylstannane (quantités injectées en mM/kg).		Pourcentage de mortalité après : heures									jours							
		1/2.	1.	2.	3.	4.	6.	10.	12.	24.	2.	3.	4.	6.	8.	10.	20.	30.
Tétrapropylstannane......	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10	10	30	30	30	30
	2	0	0	0	0	0	0	0	10	50	70	80	80	80	80	80	80	80
	4	10	20	20	30	30	60	60	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	10	50	50	50	50	50	60	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tétrabutylstannane.......	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	30	30
	2	0	0	0	0	0	10	20	40	50	80	80	80	80	90	90	90	90
	4	0	0	0	0	0	40	50	60	80	100	100	100	100	100	100	100	100
	10	0	0	0	40	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	20	0	0	0	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	40	0	10	10	90	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	60	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tétraamylstannane.......	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10	30	30	40	70	70	80	80	80
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	30	50	80	80	80	80	80	80	80
	4	0	0	0	0	0	0	0	20	60	100	100	100	100	100	100	100	100
	10	0	0	0	0	0	0	70	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	20	0	0	0	0	30	60	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	40	0	0	0	0	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	60	0	0	0	0	30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tétrahexylstannane.......	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	20	20	30	30	30	30
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	10	30	30	40	70	70	90	100	100
	10	0	0	0	0	0	0	10	20	80	90	100	100	100	100	100	100	100
	20	0	0	0	0	0	0	10	60	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	40	0	0	0	0	0	30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	60	0	0	0	0	0	80	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	150	0	0	0	60	60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tétraheptylstannane......	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	10	20	20	20	20	20	20	20	20
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	20	30	40	40	50	50	100	100	100
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	20	80	100	100	100	100	100	100	100
	40	0	0	0	0	0	0	0	0	20	90	100	100	100	100	100	100	100
	60	0	0	0	0	0	0	0	0	80	90	90	100	100	100	100	100	100
	150	0	0	0	0	0	0	10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tétraoctylstannane.......	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	30	30	30	30	30	30	30
	150	0	0	0	0	0	0	0	10	40	100	100	100	100	100	100	100	100

La toxicité a été éprouvée à l'égard de la Souris dans les conditions expérimentales précédemment décrites ([3]); les pourcentages de mortalité ont été établis systématiquement sur des séries de 10 ou 20 animaux observés pendant 30 à 40 jours consécutifs. Les résultats obtenus sont réunis dans le tableau ci-contre.

Dans la série homologue des poids moléculaires croissants, on peut admettre que l'agressivité immédiate des stannanes décroît avec l'élévation de leur masse moléculaire; cette décroissance de la toxicité devient de plus en plus nette quand les doses s'élèvent au-dessus de 2 mM/kg d'animal. Le tétraméthylstannane, moins toxique que le tétraéthylstannane, échappe à la remarque précédente ([3]).

La symptomatologie des intoxications est sensiblement identique pour l'ensemble des stannanes étudiés; elle se caractérise, ainsi que nous l'avons décrit dans le cas particulier du tétrabutylstannane ([4]), par la prédominance d'atteintes nerveuses (paralysie flasque du train postérieur s'étendant progressivement aux membres antérieurs) et de signes oculaires; dans le cas particulier du tétraméthylstannane ces signes se compliquent, pour certaines doses, d'une paralysie agitante de la tête et du cou, d'un type particulier.

Les réponses individuelles sont anormalement variables; il nous paraît essentiel d'insister sur la disproportion des pourcentages de mortalité observés à des échéances précoces ou différées : ainsi, tandis que la dose de 4 mM/kg de tétrahexylstannane n'entraîne aucune mort en 12 h, elle provoque une mortalité de 10 % en 24 h, 30 % en 2 jours, 70 % en 6 jours, 90 % en 10 jours et 100 % en 20 jours. Dans la série des stannanes aliphatiques normaux, la détermination de la DL 50 à l'échance habituelle de 24 h risque donc de faire illusion sur la toxicité réelle.

MICROBIOLOGIE.—*Influence de la température d'incubation sur la virulence expérimentale du vibrion cholérique.* Note de MM. **Jean Gallut** et **André Jude**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

La virulence expérimentale pour la Souris blanche du vibrion cholérique varie avec les températures d'incubation des cultures : maximum à 18°, elle diminue progressivement avec le nombre des passages à 37°; sa diminution est immédiate et marquée à 41°5. Ces variations de la virulence sont sous la seule dépendance de la toxinogénèse.

Nous avons titré la virulence pour la Souris blanche de plusieurs souches de *Vibrio choleræ Ogawa*, récemment isolées de cas humains. Des cultures de 17 à 20 h de chacune de ces souches développées à 18°, 37 et 41°,5 ont été mises en

([3]) F. Caujolle, M. Lesbre et D. Meynier, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 556.
([4]) F. Caujolle, M. Lesbre et D. Meynier, *Soc. Pharm. Toulouse*, 16 mars 1954.

suspension en eau physiologique, puis injectées par voie péritonéale à la Souris blanche de 18-20 g. Le nombre de vibrions inoculés a été apprécié à l'électrophotomètre. Les doses léthales 50 (D.L 50) et leurs limites de confiance ont été calculées suivant le procédé statistique établi par l'un de nous avec Bonet-Maury et P. Servant ([1]). Quelques-uns de ces résultats sont résumés dans le tableau I.

TABLEAU I.

Souches.	Temp. incub.	D.L50	et limites de confiance.
B—24	18°	$2,0.10^8$	(+ 2,4 — 1,6)
	37°	3,3. »	(+ 4,7 — 2,3)
	41°,5	8,6. »	(+ 11,1 — 6,6)
B—113	18°	2,5. »	(+ 3,5 — 1,6)
	37°	4,5. »	(+ 6,7 — 3,0)
	41°,5	12,0. »	(+ 17,1 — 8,3)
B—144	18°	1,6. »	(+ 2,5 — 1,0)
	37°	3,3. »	(+ 4,8 — 2,2)
	41°,5	12,0. »	(+ 18,0 — 8,0)

Pour les souches figurant dans ce tableau, ainsi que pour les autres, la dose la plus faible de vibrions amenant la mort de 50 % des animaux inoculés a toujours été observée avec les cultures développées à 18°, la dose la plus élevée, avec les cultures développées à 41°,5, les cultures incubées à 37° ayant une DL 50 de valeur intermédiaire. Des titrages ont été faits après un certain nombre de passages aux températures mentionnées. A 18°, quel que soit le nombre des passages, la virulence demeure inchangée (DL 50 de 1,6 — 1,6 et $1,1 \times 10^8$ pour la souche 144, après 2, 8 et 17 repiquages). Par contre à 37° on assiste, au fur et à mesure des passages à une augmentation progressive de la DL 50 traduisant une baisse de la virulence (3,3 et $11,6 \times 10^8$ pour la souche 24 après 2 et 5 passages). Enfin à 41°,5, la diminution de la virulence est immédiate et importante (DL 50 de 12 et $14,5 \times 10^8$ pour la souche 144 après 2 et 8 passages).

Mais la diminution de virulence constatée à 41°,5 n'est pas définitive. Par des repiquages à 18° d'une culture développée à 41°5, on accroît la virulence; toutefois celle-ci demeure inférieure à celle des cultures de la même souche, constamment maintenue à 18°.

C'est ainsi que la DL 50 de la souche 144 passe de 12×10^8 (+ 18 — 8) pour les cultures à 41°,5, à $3,5 \times 10^8$ (+ 6,4 — 1,9) pour les repiquages de ces cultures à 18°, alors que la DL 50 des cultures toujours maintenues à 18° est de $1,6 \times 10^8$ (+ 2,5 — 1,0).

([1]) P. BONET-MAURY, A. JUDE et P. SERVANT, *Rev. Immunologie*, 18, 1954, p. 21.

Au cours de nos expériences nous n'avons pas constaté de variations S — R des colonies. D'autre part des agglutinations croisées faites avec des sérums expérimentaux, préparés avec les diverses cultures, ne nous ont pas montré de modifications antigéniques, comme celles que l'on peut observer dans le cas de *Salmonella typhi*, par exemple, où le développement d'un des facteurs de la virulence, l'antigène Vi, est en étroite relation avec la température de développement des cultures ([2]), ([3]).

Dans une seconde série d'expériences nous avons titré pour une même souche les toxines préparées à 18, 37 et 41°, suivant le procédé décrit par l'un de nous avec P.-N. Bernard ([4]), et qui lui a permis de constater la plus grande toxicité des souches isolées, chez un même malade, au cours de la période hypothermique de l'affection ([5]).

La technique expérimentale, et la méthode de calcul de la DL 50, ont été celles utilisées précédemment.

Pour la souche 144 les résultats on été les suivants :

TABLEAU II.

Température incubée (°C).	Nombre de passages.	Titre (nombre de DL 50) (cm³).
18-20	1	41,6-66,6-50-40-52,6
37	1	17,5-20
37	30	17,5
41	30	2,5
41	55	4,4

Le pouvoir toxigène varie donc comme la virulence : les toxines les plus actives sont obtenues lorsque la culture est maintenue à 18-20°, les plus faibles à 41°. Les toxines élaborées à 37° ont une activité intermédiaire. La baisse de la toxigénèse à 37° et à 41° n'est pas définitive. En incubant à 18° des repiquages faits à partir de la culture maintenue à 41° nous avons en effet observé une augmentation du titre qui reste cependant inférieur à celui obtenu à 18°. C'est ainsi par exemple qu'après 7 et 25 passages à 20° d'une culture maintenue à 41° pendant 30 repiquages quotidiens, le titre de la toxine est passée de 2,5 à 6,8.

Il semble donc possible de rattacher les modifications de la virulence de *Vibrio choleræ Ogawa*, sous l'influence de la température d'incubation, aux variations du pouvoir toxigène. La virulence du vibrion cholérique ne paraît être liée qu'à un seul facteur : la toxicité.

([2]) A. FÉLIX, S. J. BHATNAGAR et R. M. PITT, *Brit. J. exp. Path.*, 15, 1934, p. 346.

([3]) A. JUDE et P. NICOLLE, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1718.

([4]) P. N. BERNARD et J. GALLUT, *C. R. Soc. Biol.*, 137, 1943, p. 10.

([5]) J. GALLUT, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1038.

VIROLOGIE. — *Sur le pouvoir adsorbant de complexes protéiques à l'égard du virus de la fièvre aphteuse, et sur la possibilité de libérer ce dernier par ultrafiltration.* Note de MM. **Jean-Pierre Thiery, Carel-Jan Van Oss, Louis Salomon,** Mmes **Léone Salomon** et **Micheline-P. Doucet**, présentée par M. Gaston Ramon.

Pour nous rendre compte de l'action sur le virus de la fièvre aphteuse de complexes protéiques plus gros que lui, nous l'avons associé au virus vaccinal (complexe protéique de dimensions connues et facilement dosable par ses actions biologiques), puis ensuite séparé par ultrafiltration dans l'ultrafiltre d'Ambard.

Les membranes ultrafiltrantes utilisées sont des parois intestinales de porc chinois, légèrement desséchées à l'air libre, juste avant l'emploi. L'ultrafiltre d'Ambard est agité pendant l'opération pour éviter le colmatage, et la pression appliquée de 0,5 kg/cm^2.

Nous avons employé du virus aphteux de type O adapté au cobaye (dilué au départ à 1/50e), et du virus vaccinal cultivé dans le testicule de lapin (dilué au départ à 1/100e).

Première expérience. — 16 cm^3 d'un mélange de virus aphteux et de virus vaccinal en suspension dans de l'eau physiologique tamponnée à pH 7,6 sont mis à filtrer et donnent 4 cm^3 d'ultrafiltrat et 12 cm^3 de résidu. Les titrages sur Cobaye (virus aphteux) et Lapin (virus vaccinal) ont donné les résultats suivants :

	Virus aphteux. — Titre.	Virus vaccinal. — Titre.
Départ	10^{-3}	10^{-7}
Ultrafiltrat	10^{-4}	10^{-2}
Résidu	10^{-3}	10^{-7}

Nous voyons donc que la presque totalité du virus vaccinal a été retenu sur la membrane. L'élimination de ce complexe protéique a permis une forte augmentation du taux de la virulence du virus aphteux.

Deuxième expérience.— 16 cm^3 d'un mélange de virus aphteux (d'une haute virulence) et de virus vaccinal en suspension dans de l'eau physiologique tamponnée à pH 7,6 sont mis à filtrer et donnent 3,5 cm^3 d'ultrafiltrat et 12,5 cm^3 de résidu.

— Le virus aphteux, avant son association avec le virus vaccinal, provoque une fièvre aphteuse généralisée en 48 h aux dilutions suivantes : 1/50e, 1/100e, 1/500e, 1/1000e, 1/10 000e, chez *tous* les cobayes inoculés (3 par dilution).

— Le virus aphteux mélangé avec le virus vaccinal, provoque une fièvre aphteuse généralisée en 48 h aux dilutions suivantes :

1/50e	Généralisation chez	0	cobaye sur	3
1/100e	»	2	»	3
1/500e	»	2	»	3
1/1.000e	»	3	»	3
1/10.000e	»	3	»	3

— Le virus aphteux débarassé par ultrafiltration du virus vaccinal provoque une fièvre aphteuse généralisée en 48 h aux dilutions suivantes : 1/50e, 1/100e, 1/500e, 1/1000e, 1/10 000e, chez *tous* les cobayes inoculés (3 par dilution).

— Le virus aphteux mélangé avec le virus vaccinal, contenu dans le résidu, provoque une fièvre aphteuse généralisée en 48 h aux dilutions suivantes :

1/50e	Généralisation (peu prononcée) chez	2	cobayes sur	3
1/100e	»	2	»	3
1/500e	Généralisation chez	3	cobayes sur	3
1/1.000e	»	3	»	3
1/10.000e	»	3	»	3

Dans la suspension de départ, contenant la vaccine seule, dans le mélange virus aphteux-vaccine et dans le résidu resté dans l'ultrafiltre, la vaccine se montre virulente à des dilutions allant de 10^{-2} à 10^{-7}. L'ultrafiltrat ne donne par contre aucune réaction vaccinale chez le Lapin aux mêmes dilutions. La rétention du virus vaccinal au-dessus de la membrane est dans cette deuxième expérience de 100 %.

Nous constatons donc que le virus de la fièvre aphteuse, avant d'être mélangé avec le virus vaccinal, et, après en être débarrassé, est de virulence égale à toutes les dilutions essayées. En présence du virus de la vaccine, le virus aphteux est d'autant moins virulent que la concentration est plus forte.

Le fait, bien connu, que les dilutions fortement étendues ont souvent une virulence plus grande que les dilutions plus concentrées, fait qu'on rapportait à l'action des anticorps (1), semble d'après les résultats ci-dessus être provoqué par l'adsorption du virus aphteux par des grosses molécules; une telle adsorption devient plus faible, lors d'une grande dilution (même action que l'élution).

(1) E. F. Fogedby et E. Michelsen, *Bull. Off. Intern. des Epiz.*, 27, 1947, p. 201-220; J. Basset, *Bull. Ac. Vet. Fr.*, 20, 1947, p. 442.

Conclusions. — Les complexes protéiques plus gros que le virus de la fièvre aphteuse sont susceptibles d'absorber ce virus, et de masquer sa virulence, surtout en faible dilution.

Par ultrafiltration sur parois intestinales de porc chinois, le virus aphteux a pu être libéré d'un mélange virus aphteux, virus vaccinal; une telle séparation peut être réalisée sur de grandes quantités [2].

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Résistance de l'organisme fœtal à l'infection syphilitique.* Note [*] de MM. **Raymond Pautrizel, Gaston Mayer,** Mmes **Annie Rivasseau-Coutant** et **Françoise Szersnovicz-Leglise,** présentée par M. Robert Courrier.

Des fœtus de Lapin, inoculés *in utero* de doses massives de tréponènes pathogènes, ne présentent, après la naissance, aucun signe d'infection syphilitique, alors que de jeunes lapins, inoculés immédiatement après la naissance, se montrent sensibles à l'infection syphilitique.

Depuis la découverte du tréponème de la syphilis, de nombreux auteurs ont essayé de réaliser expérimentalement la syphilis congénitale chez une espèce animale très sensible à l'infection syphilitique : le Lapin. Leurs tentatives n'auraient que rarement été couronnées de succès, certains auteurs ayant signalé des anomalies troublantes chez les jeunes lapins nés de parents syphilitiques, mais sans jamais apporter la preuve de la spécificité. Wiman [1], Uhlenhuth [2], Grigorieff et Yarysheff [3] ont noté au cours de leur expérimentation de très rares cas de kératite ou de lésion de la cloison nasale qui apparaitraient chez les jeunes lapins issus de mères syphilitiques. Les résultats restent donc dans l'ensemble peu concluants et, pour la plupart des auteurs, la non contamination du fœtus serait due à l'imperméabilité placentaire. Cependant Uhlenhuth [2], Finkelstein et Orlow [4] ont montré qu'on pouvait retrouver le tréponème chez le fœtus quand le spirochète est injecté à la lapine gravide, à condition que celle-ci soit sacrifiée dans les 24 h après l'injection de tréponèmes. Ces résultats ont été contestés par Kemp et Rosahn [5] qui ont repris ces expériences, mais il est vrai dans des conditions un peu différentes.

---

[2] J.-P. Thiery, C. J. Van Oss, L. Salomon, Mme L. Salomon et M.-P. Doucet, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1010.

[*] Séance du 18 octobre 1954.

[1] *Arch. f. dermat. u. Syph. Wien. u. Leipz.*, 93, 1908, p. 379-382.

[2] *Med. Klin. Berl.*, 18, 1922, p. 1210, 1246 *et* 1273.

[3] *Ann. mal. Vener*, 24, 1929, p. 166-188.

[4] *Dermatolog. Wochensch*, 92, 1931, p. 203.

[5] *Bull. Johns Hopk. Hosp.*, 60, 1937, p. 45-55.

En somme la transmission de la syphilis congénitale chez le Lapin serait, si non impossible, du moins très rare, et celà peut être dû, soit à l'imperméabilité placentaire vis-à-vis du tréponème, soit à une résistance particulière du fœtus.

Afin d'éliminer l'intervention de l'hypothétique « barrière placentaire » dans l'étude du mécanisme de défense de l'embryon de Lapin, nous avons essayé d'inoculer directement les fœtus avec le tréponème, après laparotomie de la femelle gravide et ouverture des cornes utérines. L'opération des embryons a été pratiquée suivant la technique de Jost ([6]).

Des fœtus de 23 à 27 jours ont été inoculés à la cuisse à l'aide d'une aiguille fine, avec des doses massives de tréponèmes pathogènes [souche Nichols ([7])]. En général, deux embryons par portée sont inoculés; au moment de l'opération, ils sont marqués (ablation d'une phalange) pour être différenciés lors de la mise bas, des lapereaux non infectés.

Dans les conditions où nous avons opéré, nous n'avons jamais pu déclencher une infection syphilitique apparente ou inapparente chez les lapereaux inoculés *in utero*. Ces animaux ont cependant été soumis pendant plusieurs semaines après leur naissance, à divers critères biologiques qui se sont toujours révélés négatifs : recherche des lésions syphilitiques, recherche d'anticorps (réagine, immobilisine), détection de l'agent pathogène par passages ganglionnaires.

En revanche, de jeunes lapins inoculés après la naissance se montrent sensibles à l'infection syphilitique, et cette sensibilité augmente rapidement avec l'âge. C'est ainsi que des lapereaux inoculés 2 h après leur naissance avec des doses identiques de tréponèmes, se montrent réceptifs et font presque tous une syphilis inapparente décelée par des passages ganglionnaires. Mais si les animaux inoculés sont âgés de 4 à 6 jours, il se développe dans la plupart des cas, une infection syphilitique souvent apparente, avec présence de lésions où pullulent les tréponèmes. Il semble donc que le jeune animal acquiert rapidement une réceptivité au tréponème; sensiblement identique à celle de l'adulte. La différence de sensibilité à l'infection tréponémique de l'embryon et de l'adulte, ressort encore du fait que les embryons résistent à l'infection syphilitique malgré des inoculations de tréponèmes à doses massives, tandis qu'un certain nombre de lapines opérées pour inoculer les embryons (environ 25 %) ont présenté une syphilis inapparente, révélée ultérieurement par des tests sérologiques et des passages ganglionnaires. L'infection était due à la contamination

([6]) *C. R. Soc. Biol.*, 140, 1946, p. 461-462.

([7]) La virulence de la souche de tréponèmes injectée, a été reconnue par syphilisation de jeunes lapins.

des lapines par quelques tréponèmes échappés de la plaie provoquée chez l'embryon lors de l'injection de la suspension de tréponèmes.

En résumé, il existe chez les embryons de lapin, une résistance considérable à l'infection syphilitique et qui contraste fortement avec la réceptivité des lapereaux âgés seulement de quelques heures. Ces résultats sont superposables à ceux obtenus sur la Souris, par Chedid et Boyer (8) avec *Trypanosoma Brucei*. Cette résistance des embryons à l'infection ne paraît pas s'expliquer par l'imperméabilité placentaire vis-à-vis de l'agent pathogène; les tréponèmes qui atteignent l'embryon, semblent être détruits au bout d'un temps plus ou moins long par des mécanismes de défense différents de ceux qui existent chez l'animal après la naissance.

La séance est levée à 16 h 5.

L. B.

(8) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 443.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 3 NOVEMBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE DE BROGLIE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **JACQUES HADAMARD** signale à l'Académie la présence de M. **JOSEPH L. WALSH**, Professeur à l'Université Harvard, Membre de la « National Academy of science » de Washington. M. le Président souhaite la bienvenue à celui-ci et l'invite à prendre part à la séance.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dénombrement systématique des rubrènes méthoxylés qui peuvent se former par réactions rubréniques.* Note (*) de MM. **CHARLES DUFRAISSE**, **ANDRÉ ÉTIENNE** et **JAIME VALLS**.

Tous les rubrènes méthoxylés pouvant être obtenus à partir des cinq alcools triphénylpropargyliques *p*-méthoxylés ont été préparés et isolés. Leur nombre, huit, apporte une confirmation expérimentale au mécanisme de la réaction rubrénique supposant un schéma centrosymétrique pour le doublement des molécules triarylpropargyliques.

Ainsi qu'on l'avait donné à entendre ([1]) les alcools triphénylpropargyliques *p*-méthoxylés, qui sont au nombre de cinq : V*a*, V*b*, V*c*, V*d*, V*e*, se prêtent à être transformés en tétra-arylnaphtacènes ou rubrènes, par la voie dite de la réaction rubrénique, schématisée en I et II. Une seule particularité mérite d'être mentionnée : la matière de départ, au lieu d'être comme de coutume l'ester chlorhydrique de formule générale I, est toujours un produit de chlorhydratation, soit celui de l'alcool, III, soit celui de son ester chlorhydrique, IV. Toutefois, comme l'avaient déjà constaté Ch. Dufraisse et R. Buret ([2]), l'alcool V*a*, mais lui seul, donne, en plus du chlorhydrate, l'ester chlorhydrique acétylénique simple de type I ($C_{22}H_{17}OCl$, F_{inst} 137°), quand on utilise PCl_3

(*) Séance du 18 octobre 1954.

([1]) C. DUFRAISSE, A. ETIENNE et J. VALLS, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 769.

([2]) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1389.

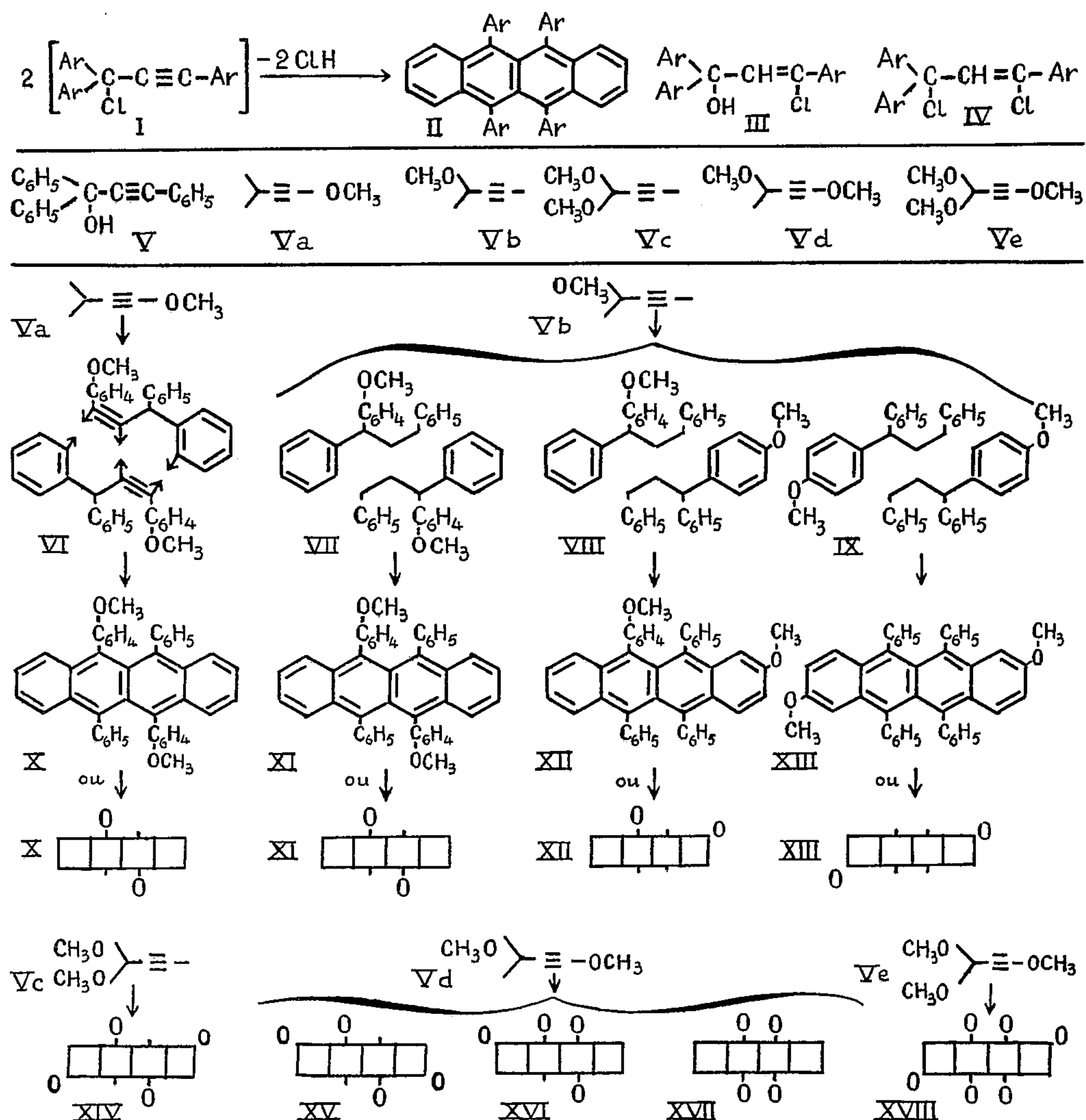
comme agent d'estérification. Les dérivés chlorés nouveaux sont, respectivement, à partir de V*a* : $C_{22}H_{18}OCl_2$, F_{inst} 120°; à partir de V*b* : $C_{22}H_{18}OCl_2$, F_{inst} 109°; à partir de V*c* : $C_{23}H_{21}O_3Cl$, F_{inst} 135°; à partir de V*d* : $C_{23}H_{21}O_3Cl$ (huile instable); à partir de V*e* : $C_{24}H_{23}O_4Cl$ (huile instable).

Cette collection complète des alcools triphénylpropargyliques *p*-méthoxylés offrait une occasion exceptionnellement favorable de résoudre à fond un des problèmes soulevés par la réaction rubrénique et qui n'avait été traité jusqu'ici que partiellement : il s'agit de préciser le nombre maximum des rubrènes qui peuvent effectivement se former à partir d'un alcool triarylpropargylique donné.

Si l'on admet, suivant la théorie en cours, le schéma centrosymétrique de duplication du réactif, conformément aux présentations figurées en VI, VII, VIII et IX, les alcools portant des aryles géminés *identiques* ne donneront qu'un seul rubrène, exemple : VI → X. Ce sera le cas des alcools V*a*, V*c* et V*e*, où les aryles géminés sont respectivement deux phényles simples ou bien deux *p*-méthoxyphényles. Au contraire, les alcools à aryles géminés *dissemblables*, V*b* et V*d*, donneront chacun trois rubrènes, comme le montre l'exemple de V*b* avec les trois présentations possibles, VII, VIII et IX, de la paire de molécules réagissantes, et les trois rubrènes XI, XII et XIII qui leur correspondent. De plus, le rubrène unique, X, dérivé de l'alcool monométhoxylé V*a* est identique à l'un, XI, des isomères du trio XI, XII et XIII, issu de l'alcool monométhoxylé V*b*. Il en résulte que le nombre des rubrènes à attendre des cinq alcools propargyliques s'élève au total à huit, savoir : trois diméthoxylés, X ou XI, XII et XIII, quatre tétraméthoxylés, XIV, XV, XVI et XVII, et un seul hexaméthoxylé, XVIII (formules simplifiées, où l'on s'est borné à indiquer par des O les positions respectives des méthoxyles).

Les cinq opérations parallèles ont été effectuées avec les plus grands soins pour en obtenir, en s'aidant de la chromatographie, tous les rubrènes formés. Les huit corps attendus ont été isolés, sans exception, mais sans un de plus, et ils présentent entre eux les relations d'isomérie qui viennent d'être énoncées. Ce sont respectivement : série V*a*, un rubrène unique, X, déjà connu [2]; série V*b*, trois isomères ($C_{44}H_{32}O_2$), savoir : bis(*p*-méthoxyphényl)-9.11 diphényl-10.12 naphtacène, XI, identique à X, (*p*-méthoxyphényl)-9 triphényl-10.11.12 méthoxy-2 naphtacène, XII, F_{inst} 227°, et enfin tétraphényl-9.10.11.12 diméthoxy-2.6 naphtacène, XIII, F_{inst} 259°; série V*c*, un seul rubrène ($C_{46}H_{36}O_4$), savoir : bis(*p*-méthoxyphényl)-9.11 diphényl-10.12 diméthoxy-2.6 naphtacène, XIV, F_{inst} 257°; série V*d*, trois isomères ($C_{46}H_{36}O_4$) savoir : bis(*p*-méthoxyphényl)-9.11 diphényl-10.12 diméthoxy-3.7 naphtacène, XV, F_{inst} 250°, tris(*p*-méthoxyphényl)-9.10.11 phényl-12 méthoxy-7 naphtacène, XVI, F_{inst} solvaté (C_6H_6) : 195°, désolvaté : 226°, et enfin tétrakis (*p*-méthoxyphényl)-9.10.11.12 naphtacène, XVII, F_{inst} solvaté (C_6H_6) : 245°,

désolvaté : 282°; série V*e*, un seul rubrène ($C_{48}H_{40}O_6$) : tétrakis (*p*-méthoxyphényl)-9.10.11.12 diméthoxy-2.6 naphtacène, XVIII, F_{inst} 255°.



A la vérité, pour la première fois dans l'histoire de la réaction rubrénique, il est apparu des isomères supplémentaires, un pour chaque alcool. Ils sont en cours d'étude; mais, d'ores et déjà, on est en mesure d'affirmer qu'ils n'ont pas la structure rubrénique. Ils n'ont donc pas à être pris en compte pour le dénombrement des rubrènes.

En conséquence, l'ensemble de ces résultats permet de penser que le schéma centrosymétrique représente le modèle exact suivant lequel se produit la duplication des alcools triarylpropargyliques pour former les rubrènes. Ainsi se trouvent exclus les mécanismes générateurs qui feraient prévoir des formations

excédentaires de ces corps, tout spécialement le mécanisme qui passe par un intermédiaire bisisoindénylidénique ([3]) et qui devrait en fournir un nombre notablement plus élevé.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Ombellifères. Développement de l'embryon chez le* Laserpitium Siler *L.* Note (*) de M. **René Souèges**.

Chez le *Laserpitium Siler* L. ont été observées les mêmes lois du développement que chez le *Torilis Anthricus* Gmel. Il n'y aurait donc pas de différences profondes entre les deux tribus diplozygiées des Caucalinées et des Laserpitiées. Au cours du développement sont néanmoins apparues des variations d'ordre secondaire qui peuvent jeter quelque lumière sur les rapports embryogéniques des diverses Ombellifères.

Les *Laserpitium* ont donné leur nom à la tribu des Laserpitiées qui, avec celle des Caucalinées, forme le groupe des Ombellifères diplozygiées, c'est-à-dire possédant, à la surface de l'achaine, à la fois des côtes primaires et des côtes secondaires. Ces dernières sont obtuses et épineuses chez les Caucalinées; elles se développent, chez les Laserpitiées, en ailes membraneuses sur un fruit glabre ou brièvement hispide, dépourvu d'aiguillons. Ces caractères, tirés de simples accidents du revêtement, commodes sans doute pour la détermination rapide des espèces, ne sont pas nécessairement liés à des différences profondes pouvant servir d'assises solides à une classification vraiment naturelle et que seule peut faire connaître l'histoire du développement. Rencontrera-t-on de ces différences profondes, d'une part, entre les espèces de Caucalinées (*Daucus Carota* L. et *Torilis Anthriscus* Gmel.) déjà examinées ([1]) et, d'autre part, le *Laserpitium Siler* L. choisi comme exemple parmi les Laserpitiées?

Le proembryon bicellulaire (*fig.* 2) dérivé de l'oospore (*fig.* 1) produit, par division transversale de ses deux éléments constitutifs, une tétrade linéaire *première* de la catégorie C_2 (*fig.* 4). La division de la cellule basale précède celle de la cellule apicale (*fig.* 3), mais il n'en est pas toujours ainsi. De semblables variations dans l'ordre des segmentations se reproduisent au cours des divisions suivantes, même à tous les stades de la vie proembryonnaire. Ainsi, en 5, la division transversale de la cellule *cc*, cellule supérieure de la tétrade, précède celle de sa sœur *cd*; mais, en 8 et 9, par contre, la cellule *cd* s'est déjà partagée en deux éléments superposés *m* et *ci*, alors que l'élément *cc* est encore indivis. En 6 et 7, comme en 3, la cellule basale s'est segmentée en premier lieu, puis l'une de ses cellules filles en 6, les deux, en 7 comme en 8, se sont divisées transversalement. La figure 7 représente le proembryon hexacellulaire le plus souvent observé. On peut voir, en 10, le proembryon octocellulaire produit à la troisième génération de l'oospore; il comporte, dans la région supérieure, 4 éléments superposés dérivés de *cc* et de *cd*, représentant une tétrade

([3]) C. Dufraisse, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 3, 1936, p. 1857.

(*) Séance du 27 octobre 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 377.

linéaire *seconde* en C_2, et, dans sa région inférieure, 4 éléments également superposés dérivés de la cellule basale. Ceux-ci participent à la construction de la portion la plus importante du suspenseur; les figures 11 et 13, 16, 18 à 27, permettent de se faire une idée de la marche des cloisonnements dans leur intérieur; cette marche offre encore de profondes variations quant à la direction et au nombre des cloisons de segmentation. Le suspenseur engendré conserve toujours à peu près la même forme, mais ses dimensions varient très sensiblement avec les individus, comme le démontrent, à des stades jeunes les figures 13 et 16, plus tard, les figures 25, 30 à 32.

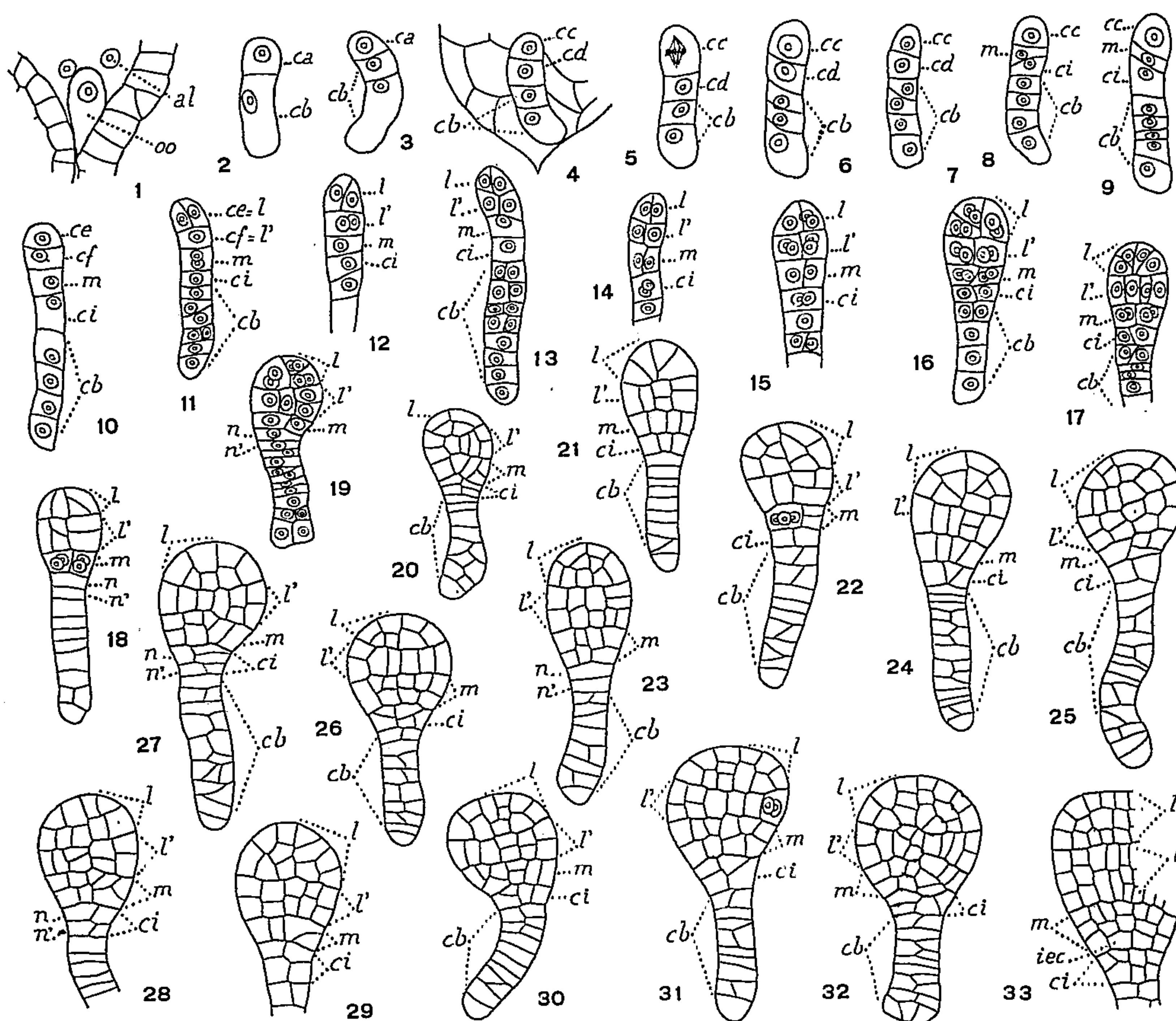


Fig. 1 à 33.— *Laserpitium Siler* L : Les principaux termes du développement de l'embryon. *oo*, oospore; *al*, albumen; *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellules-filles de *ca*; *l* ou *ce*, cellule-fille supérieure de *cc* ou partie cotylée *s. lato*; *l'* ou *cf*, cellule-fille inférieure de *cc* ou partie supérieure de l'hypocotyle; *m*, cellule-fille supérieure de *cd* ou partie inférieure de l'hypocotyle; *ci*, cellule-fille inférieure de *cd*, mère de *n* et de *n'*; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. G. = 310.

En règle très générale, les quatre éléments de la tétrade *seconde*, *ce* ou *l*, *cf* ou *l'*, *m* et *ci* (*fig.* 10) se partagent en deux cellules juxtaposées et donnent ainsi naissance à la forme octocellulaire de troisième génération à partir de la cellule apicale (*fig.* 14). A cette période, on observe encore certaines divergences dans l'ordre des segmentations : en 12 et 13 par exemple, les deux éléments *l* et *l'* se sont cloisonnés alors que *m* et *ci* sont indivis; mais en 11, la division de *m* a précédé celle de *l'*, et, pour ce qui est de *ci*, on ne peut dire s'il

est encore indivis ou bien s'il s'est partagé en deux cellules superposées, comme cela s'est nécessairement produit en 18, 19, 23 et peut-être aussi en 22, 24, 25, 27, 29.

On remarque, d'ailleurs, qu'en raison même de ces variations dans la direction, verticale ou horizontale, de la première division de *ci*, la limite exacte de séparation de l'embryon proprement dit et du suspenseur se trouve difficile à déterminer, et, c'est à dessein que j'ai reproduit un assez grand nombre de figures relatives à la période où se produit l'étranglement marquant la différenciation extérieure des deux parties du proembryon, pour que l'on puisse se rendre compte des incertitudes qui peuvent, dans certains cas, subsister sur la part exacte que prend le blastomère *ci* dans la construction de l'une ou de l'autre de ces deux parties.

Les quatre éléments supérieurs, en *l* et *l'* (*fig.* 13, 14), correspondent à deux quadrants supérieurs et deux quadrants inférieurs. Dans les deux premiers, les parois de segmentation sont diversement orientées; elles peuvent être nettement méridiennes (*fig.* 15 et 16 à droite) ou le plus souvent anticlines à direction verticale (*fig.* 17 à droite, 21 à gauche) ou horizontale (*fig.* 16, 17 à gauche, 19, 21 à droite), rarement tangentielles (*fig.* 18 à droite, 20). Les cloisons suivantes se succèdent très irrégulièrement; on ne peut dire qu'elles s'orientent nettement (sauf peut-être dans le cas des figures 23, 25) pour faire apparaître une partie cotylée *s. stricto* distincte d'un tissu épiphysaire. Dans les quadrants inférieurs (*l'*) des parois méridiennes séparent le plus souvent quatre octants régulièrement disposés (*fig.* 15, 16), mais parfois les cloisons sont transversales (*fig.* 18, 19 à droite) ou diversement inclinées. Se produisent ensuite des divisions longitudinales (*fig.* 17), puis transversales (*fig.* 20 à 32); aux deux assises ainsi constituées d'autres s'ajoutent (*fig.* 33) qui finalement contribuent à la génération de la partie supérieure de l'hypocotyle.

Les deux blastomères juxtaposés en *m* (*fig.* 14, 15) donnent 4 cellules circumaxiales (*fig.* 16, 17, 18) qui, se cloisonnant longitudinalement (*fig.* 21, 24), puis transversalement (*fig.* 22 à droite, 23) ou obliquement (*fig.* 25, 28, 29 à droite, 30 à gauche), arrivent à constituer deux (*fig.* 23, 26, 28 à 31) puis d'autres assises qui contribuent à l'édification de la partie inférieure de l'hypocotyle, c'est-à-dire du primordium de la racine avec ses initiales (*fig.* 33). — Le blastomère *ci* se divise en général longitudinalement (*fig.* 14 à 17); il prend ensuite d'autres cloisons longitudinales (*fig.* 21, 24), puis transversales ou obliques (*fig.* 30 à 33) et donne ainsi naissance à la portion médiane de la coiffe. Quand il se partage transversalement en deux éléments superposés *n* et *n'* (*fig.* 18, 19, 23), *n* le remplace dans ses fonctions et *n'* entre dans la construction du suspenseur (*fig.* 27, et peut être aussi 28, 29).

Les lois générales qui se dégagent de ces processus de segmentation se rapportent à un type embryonomique identique à celui qui a été défini au sujet du *Daucus Carota*, de l'*Apium inundatum*, de l'*Anthriscus Cerefolium* et du *Torilis Anthriscus*. Ont été observées, dès les stades les plus jeunes, de nombreuses variations dont on a pu mesurer l'étendue par les assez nombreux exemples qui en ont été donnés. Ces variations offrent quelque intérêt, car elles permettent de se rendre compte de certaines prétendues irrégularités rencontrées chez d'autres espèces et en même temps de concevoir comment ont pu s'établir des termes de passage entre les différents types embryonomiques déjà distingués chez les Ombellifères. En tout cas, l'embryogénie ne permet pas de déceler des caractères différentiels fondamentaux entre les deux tribus des Caucalinées et des Laserpitiées.

M. **Maurice Roy** fait hommage à l'Académie du texte d'une Conférence qu'il a prononcée devant l'Association française des Ingénieurs et Techniciens de l'Aéronautique et qui est intitulée : *La stabilité transversale de vol et quelques recherches de l'O. N. E. R. A.*

Sir **E. John Russell** adresse en hommage à l'Académie son Ouvrage intitulé : *World population and world food supplies.*

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Louis Fage** : Union internationale des sciences biologiques. *Symposium on genetics of population structure. Istituto di Genetica, Universita di Pavia, August* 20-23 1953.

CORRESPONDANCE.

M. **Jacques Pomey** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des applications de la science à l'industrie, par le décès de M. *René Barthélemy*.

Le Président du « Science Council of Japan » annonce qu'un **Symposium international de Génétique** aura lieu à Tokyo et Kyoto, du 6 au 12 septembre 1956.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *The Royal Society*, par D. C. Martin.

2° Institut des Parcs nationaux du Congo belge. *Exploration du Parc national de la Garamba. Mission Henri de Saeger, en collaboration avec P. Baert, G. Demoulin, I. Denisoff, J. Martin, M. Micha, A. Noirfalise, P. Schoemaker, G. Troupin et J. Verschuren.* Fasc. 1.

3° *Glasgow University Calendar*, 1954-55.

4° *Les Annales du Collège international pour l'étude scientifique des techniques de production mécanique*. Vol. II. (Liste des Membres. Statuts.)

5° Les Conférences du Palais de la Découverte. Série D, n° 32. *L'histoire de la Géométrie descriptive*, par René Taton.

6° *Proceedings of the Royal Society of arts and sciences of Mauritius*. Vol. I, Part 1, 2, 3.

7° Académie des sciences de l'U. R. S. S. Institut d'informations scientifiques. *Referativny Journal. Geologia Geografia Referaty*. 1-1316. N° 1.

8° Republica Argentina. *Publicaciones de la Comision nacional de la energia atomica. Miscelanea*, n° 1.

Il signale également un fascicule polycopié : *Contribution du Laboratoire d'astronomie de Lille*, n° 2. Numéro spécial, à l'occasion du Colloque international de Liége sur *Les particules solides dans les objets astronomiques.*

ARITHMÉTIQUE. — *Sur le semi-réseau constitué par les degrés d'indécidabilité récursive.* Note (*) de M. **Daniel Lacombe**, présentée par M. Émile Borel.

Extension de certains résultats de Kleene et Post ([1]) et solution de quelques questions posées par ces auteurs ([2]).

Nous utiliserons dans ce qui suit les définitions et les notations de S. C. Kleene-E. L. Post ([1]). Nous désignerons par $\mathbf{D}$ l'ensemble des *degrés d'indécidabilité* (ou, pour abréger : *degrés*) et par $\mathbf{D}_A$ l'ensemble des degrés arithmétiques ($\mathbf{D}_A \subset \mathbf{D}$). $\mathbf{D}$ et $\mathbf{D}_A$ sont munis d'une relation d'ordre partiel (notée $<$ et $\leqq$) et d'une opération $a \to a'$ partout définie (nous désignerons par $a^{(i)}$ le résultat de cette opération itérée i fois à partir de a).

Les deux théorèmes suivants se démontrent au moyen des méthodes classiques (fondées essentiellement sur la *forme normale de Kleene*) complétées par l'utilisation de fonctions majorantes. Les conditions (A) et (B) du théorème I constituent deux cas particuliers d'une condition plus générale que nous ne pouvons énoncer ici, et qu'il serait d'ailleurs intéressant d'élargir.

Théorème I. — *Soit* $S = u_0, u_1, \ldots, u_n, \ldots$ *une suite infinie de degrés, strictement croissante (c'est-à-dire telle que* $i < j$ *entraîne* $u_i < u_j$*) et satisfaisant à l'une ou l'autre des conditions suivantes :*

(A) *il existe un degré* a *tel que, pour tout* i, $u_i = a^{(i)}$ *;*

(B) *il existe un degré* b *tel que, pour tout* i, $b < u_i < b'$.

Soit U *l'ensemble de degrés défini par la condition :*

$$x \in U \Leftrightarrow \text{il existe un } i \text{ tel que } x \leqq u_i.$$

Soit d'autre part un degré c *n'appartenant pas à* U.

Dans ces conditions, on peut déterminer (d'une infinité de façons) deux degrés d_1 *et* d_2 *satisfaisant aux relations suivantes :*

(*) Séance du 27 octobre 1954.

([1]) *Ann. Math.*, 59, 1954, p. 379-407.

([2]) Ces questions sont en général indiquées, dans l'article cité ci-dessus, par le signe : [3], lequel renvoie à une Note de la page 380. Les résultats annoncés dans cette Note n'ont pas encore, à notre connaissance, été publiés.

(1) *pour tout degré* x, *on a*

$$(x \leqq d_1 \text{ et } x \leqq d_2) \Leftrightarrow x \in \mathrm{U};$$

(2) c *ne vérifie aucune des deux inégalités*

$$c \leqq d_1 \quad \text{et} \quad c \leqq d_2.$$

Remarque 1. — Ce théorème montre que S (ou, ce qui revient au même, U) ne possède pas de borne supérieure précise.

Remarque 2. — La relation (1) montre que le couple (d_1, d_2) ne possède pas de borne inférieure précise. De l'existence de suites S satisfaisant à (A) ou (B) on déduit donc immédiatement que $\mathbf{D}$ ne constitue pas un réseau [résultat démontré par Kleene et Post au moyen d'une suite de type (A)].

Remarque 3. — Kleene et Post ont montré l'existence de suites S satisfaisant à la condition (B), et cela pour n'importe quel degré b. Lorsque, dans cette hypothèse (B), le degré b appartient à $\mathbf{D}_A$, il en est de même pour b' et pour tous les u_i (et l'on a $\mathrm{U} \subset \mathbf{D}_A$). Cela n'entraîne pas forcément que d_1 et d_2 puissent être pris eux aussi dans $\mathbf{D}_A$. La relation (1) montre en effet que l'ensemble U est entièrement déterminé par la donnée de d_1 et d_2. Or $\mathbf{D}_A$ est dénombrable (donc aussi l'ensemble des couples formés de deux degrés arithmétiques). Mais Kleene et Post ont montré que les ensembles tels que U, déterminés dans $\mathbf{D}_A$ par des suites S de $\mathbf{D}_A$ croissantes et satisfaisant à (B) (avec b dans $\mathbf{D}_A$), forment une famille ayant la puissance du continu. Il en résulte que pour certaines de ces suites il n'existe aucun couple (d_1, d_2) formé de degrés arithmétiques et satisfaisant à la relation (1). Le théorème suivant donne une condition suffisante pour l'existence d'un tel couple.

Étant donnée une suite de degrés quelconque $\mathrm{S} = u_0, u_1, \ldots, u_n, \ldots$ et une fonction φ de deux variables (entières $\geqq 0$), nous dirons que φ *énumère* S si, pour tout i, la fonction d'une variable φ_i définie par $\varphi_i(x) = \varphi(i, x)$ est de degré u_i.

Théorème II. — *Si, dans le théorème* I-*hypothèse* (B), *le degré b est arithmétique et si la suite* S *peut être énumérée par une fonction arithmétique, alors les degrés d_1 et d_2 satisfaisant aux relations* (1) *et* (2) *peuvent être pris* (*d'une infinité de façons*) *dans* $\mathbf{D}_A$.

Remarque 1. — Ce résultat reste valable quel que soit le degré c, arithmétique ou non.

Remarque 2. — Si S est énumérable par une fonction arithmétique, il en est de même pour l'ensemble U (qui est toujours dénombrable).

Remarque 3. — Les méthodes de Kleene-Post permettent de déterminer des suites S satisfaisant aux conditions de ce théorème II. Il en résulte que $\mathbf{D}_A$ ne constitue pas un réseau.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Étude de représentations approchées de dérivées.* Note (*) de M. **Jean Kuntzmann**, présentée par M. Gaston Julia.

Étude de quelques questions théoriques relatives à des représentations approchées de dérivées par des sommes finies.

Soient les abscisses $a+p_0, \ldots, a+p_n (p_0 < p_1, \ldots, < p_n)$ et une fonction $f(x)$ prenant en ces points les valeurs $y_0, \ldots, y_n$. Nous considérons l'expression

$$f^{(q)}(a) = \sum_{i=0}^{i=n} A_{i,q} y_i \qquad (q = 1, 2, \ldots, n)$$

valable pour les polynomes de degré n.

Le terme d'erreur de cette formule peut s'écrire

$$\int_{-\infty}^{+\infty} K(t) f^{(n+1)}(t)\, dt,$$

$K(t)$ fonction bien déterminée et n'éprouvant qu'un changement de signe. La formule est dite définie d'ordre n si $K(t) \geqq 0$ (définie positive) ou si $K(t) \leqq 0$ (définie négative).

Voici un critère, dans le cas $p_0 < 0 < p_n$, permettant de reconnaître si une formule est définie. Il suffit de vérifier que $(-1)^{n+1} A_0$ et A_n ont même signe. En exprimant A_0 et A_n sous forme de déterminant on est ramené à étudier les signes de déterminants tels que

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & \ldots\ldots\ldots\ldots & 1 \\ p_1 & p_2 & \ldots\ldots\ldots\ldots & p_n \\ \ldots & \ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots \\ p_1^n & p_2^n & \ldots\ldots\ldots\ldots & p_n^n \end{vmatrix}$$

où manquent les puissances $q^{\text{ièmes}}$. Considérons l'équation en p_n obtenue en annulant ce déterminant. Elle a les racines $p_1, \ldots, p_{n-1}$ et une dernière racine π que l'on obtient en remarquant l'absence de terme en x^q :

$$\pi = -\frac{S_{n-q}}{S_{n-q-1}},$$

S_r désignant la somme des produits r à r des nombres $p_1, \ldots, p_{n-1}$. Le résultat final est que la formule est définie si

$$p_0 < \pi < p_n.$$

On en déduit facilement que toutes les formules de dérivation seconde

(*) Séance du 27 octobre 1954.

à points équidistants de la forme

$$f^{(2)}(x_q) = \sum_{i=0}^{i=n} A_{i,q,2} y_i, \qquad x_i = x_0 + ih.$$

sont définies.

Voici également une condition pour qu'une formule à $n+1$ points soit valable pour les polynomes de degré $n+1$: il faut que le déterminant formé avec les puissances

$$0, \quad 1, \quad \ldots\ldots, \quad n+1 \qquad (q \text{ exclu}) \quad \text{de } p_0, \quad \ldots\ldots, \quad p_n$$

soit nul. Ceci revient à dire que $p_0, \ldots, p_n$ sont racines d'une équation de degré $n+1$ où manque le terme en x^q donc que

$$S_{n+1-q}(p_0, \ldots\ldots, p_n) = 0.$$

Appliquant ceci aux formules

$$f^{(r)}(0) = \sum_{-p}^{q} A_{i,r} y_i$$

on trouve que les formules où $r = n - 1$ sont valables pour l'ordre $n+1$ si et seulement si

$$p = \frac{3y^2 + y - 2}{2}; \qquad q = \frac{3y^2 - y - 2}{2}; \qquad n = p + q; \qquad y \text{ entier},$$

de même pour $r = n - 2$ on trouve

$$p = \frac{y^2 + y - 2}{2}; \qquad q = \frac{y^2 - y - 2}{2}; \qquad n = p + q; \qquad y \text{ entier}.$$

TOPOLOGIE. — *Sur une propriété des représentations de variétés en variétés.* Note de M. **Joseph Weier**, présentée par M. Henri Villat.

Soient P, Q des variétés euclidiennes fermées orientables et f une représentation continue de P en Q. Si g, g' désignent des représentations continues de P en Q, nous appelons l'ensemble de toutes les coïncidences de (g, g') la *forme singulière* de (g, g').

1. Si d'abord $\dim P < \dim Q$, il existe des représentations f^1, f^2 de P en Q homotopes à f telles que la forme singulière de (f^1, f^2) soit vide. Nous disons que l'*indice* de f soit zéro.

2. Puis, P et Q ayant la même dimension, il existe des représentations f^1 et f^2 de P en Q homotopes à f telles que (f^1, f^2) a au plus un nombre fini de coïncidences. La somme des indices de cette coïncidence sera nommée l'*indice* de f. D'après un théorème bien connu de M. Lefschetz [*voir* par exemple (1)] l'indice de f est un invariant d'homotopie.

(1) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 28, 1926, p. 1.

3. Soit ensuite $\dim P = (\dim Q) + 1$. Alors il existe des représentations f_0^1 et f_0^2 de P en Q homotopes à f telles que la forme singulière de (f_0^1, f_2^0) soit un polyèdre homogène fini à une dimension. On peut même démontrer l'existence de représentations f^1 et f^2 de P en Q homotopes à f de sorte que la forme singulière de (f^1, f^2) se compose d'un nombre fini de 1-sphères $S_1, \ldots, S_m$ qui sont deux à deux disjointes.

Si j est un des nombres $1, \ldots, m$ et si S_j^*, P^*, Q^* sont des orientations de S_j, P et Q, nous allons associer à S_j un entier qui sera dit son *degré* par (f^1, f^2) relatif à (S_j^*, P^*, Q^*).

A cet effet, soient : $n = \dim P$; a un point de S_j ; T et U des $(n-1)$-simplexes ouverts tels que $a \in T \subset P$, $f^1(\overline{T}) + f^2(\overline{T}) \subset U \subset Q$ et que a soit la seule coïncidence de (f^1, f^2) sur $\overline{T}$; U^* l'orientation de U par Q^* ; de plus T^* une orientation de T telle que si le vecteur v_1 détermine l'orientation S_j^* de S_j au point a et si les vecteurs $v_2, \ldots, v_n$ représentent l'orientation T^* de T, le n-tuplet $(v_1, \ldots, v_n)$ soit l'orientation P^* de P ; t une représentation affine de $\overline{T}$ sur $\overline{U}$ avec $t(T^*) = U^*$; et $t' = t^{-1}$.

De $f^1(a) = f^2(a) \in U$ résulte l'existence d'un $(n-1)$-simplexe ouvert T_0 qui jouit des propriétés suivantes : $a \in T_0$ et $\overline{T}_0 \subset T$; désignant le simplexe $t(T_0)$ par U_0, et, pour tout point p de $\overline{U}_0$, par $g(p)$ le point

$$p + (f^2 t'(p) - f^1 t'(p)),$$

on a $g(\overline{U}_0) \subset U$. Prenons enfin le degré de S_j par (f^1, f^2) relatif aux orientations (S_j^*, P^*, Q^*) égal à : zéro si $f^1(S_j) = f^2(S_j)$ est homotope à zéro en Q, et sinon, égal à l'indice du point fixe $t(a)$ par g.

4. La signification de P, Q, f^i, S_i est celle du paragraphe 3. Afin de pouvoir définir un indice de f nous considérons les sphères S_{i_1} et S_{i_2} comme appartenant à la même *classe*, si l'on peut déformer S_{i_1} en S_{i_2} par rapport à P. Soient $S_{01}, \ldots, S_{0s}$ les sphères d'une telle classe.

Alors nous disons que $(S_{01}, \ldots, S_{0s})$ représente une *classe non essentielle* s'il existe des orientations S_{01}^* des S_{0i} telles que à la fois S_{0i}^* est homotope à S_{01}^* pour tous i et que, de plus, $\Sigma\zeta(S_{0i}^*) = 0$, où $\zeta(S_{0i}^*)$ désigne le degré de S_{0i} par (f^1, f^2) relatif aux orientations (S_{0i}^*, P^*, Q^*). Une classe n'étant pas non essentielle sera dite *classe essentielle*.

Par *l'indice* de f nous entendons le nombre des classes essentielles des S_i. On peut démontrer que l'indice de f est un invariant d'homotopie.

5. Pour les cas $\dim P > (\dim Q) + 1$ (pour lesquels nous ne pouvons ici, faute d'espace, définir un indice de f), mentionnons le théorème d'approximation suivant : Quelle que soit la représentation continue f' de P en Q et quel que soit le nombre positif ε, il existe des représentations g et g' de P en Q telles que simultanément g est homotope à f, g' homotope à f', $d(f, g) < \varepsilon$,

$d(f', g') < \varepsilon$ et la forme singulière de (g, g') est un polyèdre fini homogène à (dim P — dim Q) dimensions.

Enfin quelques remarques.

6. Même au cas où P et Q ne sont pas orientables, on peut définir un indice de f. Dans deux précédentes Notes ([2]) les variétés ici envisagées ne sont pas nécessairement orientables. Seulement pour être bref je n'ai pas ajouté ici les modifications que le cas des variétés non orientables nécessite.

7. Les théorèmes d'approximation ci-dessus ne perdent pas leur validité pour des variétés topologiques et compactes. Pour $P = Q$, on obtient un théorème bien connu de M. Hopf ([3]). Si l'on remplace ci-dessus (f, f) par une paire arbitraire (f, f'), on peut définir de même un indice.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces dont les réglées asymptotiques d'un système appartiennent à des complexes linéaires.* Note de M. **Paul Vincensini**, présentée par M. Paul Montel.

1. Les surfaces réglées gauches asymptotiques d'une surface S étant les lieux des tangentes asymptotiques d'un système de S issues des points d'une même asymptotique de l'autre système, M. L. Godeaux a, à diverses reprises, attiré l'attention sur les surfaces S admettant une famille de telles réglées appartenant à des complexes linéaires, surfaces que dans une conférence faite à Turin le 26 mars 1954 (*Alcune osservazioni sulle Congruenze* W, à paraître dans le volume de 1954 des *Rend. de l'Univ. de Turin*), il appelle *surfaces* F_2. Le problème de la recherche *effective* des surfaces F_2 ne semble pas encore avoir été abordé. J'en donne ici une transformation géométrique qui permet d'en obtenir une famille assez étendue de solutions :

2. Les relations :

$$2p_{34}x_1 + p_{14} + p_{23} = 2p_{34}x_2 - i(p_{14} - p_{23}) = 2p_{34}x_3 + p_{24} + p_{31} = 2p_{34}x_4 - i(p_{24} - p_{31}) = 0$$

définissent une correspondance $(\mathcal{C})$ entre les droites (p_{ij}) de l'espace euclidien $E_3(Ox_1x_2x_3)$ et les points (x_i) de E_4 $(Ox_1x_2x_3x_4)$. $(\mathcal{C})$ associe les complexes linéaires de E_3 et les hypersphères (ou hyperplans) de E_4, et aux tangentes d'une surface S de E_3 les points d'une surface réglée de E_4, à génératrices *isotropes* formant une congruence (I) dont les réseaux focaux correspondent aux développables asymptotiques de S. (I) coupe E_3 suivant une surface S′ sur laquelle ses développables tracent le *réseau de courbure*. D'autre part, les projections orthogonales des rayons de (I) sur E_3 sont les normales de S′, les foyers de (I) se projetant aux centres de courbure de S′. En outre S′ est transformée de S dans une certaine transformation de Lie $(\mathcal{L})$.

([2]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 337 et 609.

([3]) *Math. Z.*, 29, 1929, p. 493.

3. Si S, d'asymptotiques (u, v), est une F_2, ses réglées gauches asymptotiques étant les v, les courbes v de l'une des nappes focales de (I) sont (n° 2) *hypersphériques* ou *hyperplanes*, et la recherche des F_2 revient à celle des congruences isotropes de E_4 sur l'un des réseaux focaux desquelles les courbes non arêtes de rebroussement sont hypersphériques ou hyperplanes, ou, ce qui revient au même, des *réseaux* de E_4 dont les courbes de l'une des familles (u) sont isotropes, les v étant hypersphériques ou hyperplanes. Plaçons-nous dans ce dernier cas et supposons en outre les hyperplans des (v) orthogonaux à E_3. Les projections des (v) sur E_3 *sont alors planes*, et la nappe de développée de la surface S' du n° 2 qui les contient *possède un réseau conjugué formé d'une famille de géodésiques et d'une famille de courbes planes*. Tout réseau de cette espèce est d'ailleurs la projection d'un réseau focal d'une (I), dont la section S' par E_3 est transformée de la surface S correspondante par la transformation $(\mathcal{L})$ de Lie. On peut donc définir une famille de surfaces S du type F_2 par la relation $S = \mathcal{L}^{-1} S'$, *où* S' *est une développante, suivant une famille* (u) *de géodésiques, d'une surface* (σ) *sur laquelle le système* (v) *conjugué de* (u) *est formé de courbes planes*. Et $(\mathcal{L})$ peut être regardée comme la transformation de Lie la plus générale, car changer $(\mathcal{L})$ revient à effectuer une homographie sur S.

Les surfaces (σ) mériteraient une étude détaillée; elles dépendent, une fois la développable (Δ) enveloppe des plans des (v) fixée, de l'intégration d'une équation aux dérivées partielles du troisième ordre déterminant, dans le plan tangent courant de (Δ), le profil engendrant la surface (σ).

4. Un exemple simple de surfaces (σ) est fourni par les nappes non curvilignes des développées des surfaces S' enveloppes de sphères à un paramètre. Les (v) de (σ) sont alors des *coniques* et les surfaces $S = \mathcal{L}^{-1} S'$ sont les *réglées* (surfaces F_2 évidentes).

Une famille moins évidente de surfaces F_2 s'obtient en partant des surfaces de Monge (à base cylindrique) qui sont des (σ) particulières. Leurs développantes S' sont aussi de Monge, et l'on voit que *toutes les surfaces* S *transformées inverses de Lie des surfaces de Monge sont du type* F_2 *de M. L. Godeaux*.

Ces dernières surfaces S jouissent de la propriété suivante. Parmi les quatre familles de réglées asymptotiques [*développables* Au, Av et *gauches* Ru, Rv] attachées à S, *deux*, une (A) et une (R) correspondant *au même paramètre variable*, sont constituées par des réglées *appartenant toutes à des complexes linéaires*.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur une caractérisation de la distribution de Poisson.* Note (*) de M. **Eugène Lukacs**, transmise par M. Maurice Fréchet.

Présentons d'abord deux lemmes.

(*) Séance du 11 octobre 1954.

LEMME 1. — *Soit* $A(z)$ *une fonction qui est analytique dans le voisinage* $|z| < \rho$ *de l'origine et soit* $f(t)$ *une fonction caractéristique et* Δ *un nombre positif. Supposons que* $f(t) = A(t)$ *pour* t *réel et* $-\Delta < t < \Delta$. *Alors* $f(t)$ *est une fonction caractéristique analytique.*

Cela veut dire que $f(z)$ est analytique dans quelque voisinage de l'origine et par conséquent dans une bande horizontale du plan des z contenant l'axe réel. Ce lemme est dû à M. R. P. Boas [1].

Soient X et Y deux variables aléatoires et désignons par $E(Y|X)$ l'espérance conditionnelle de Y par rapport à X et par $E(Y)$ l'espérance mathématique de Y.

LEMME 2. — *Pour la validité de la relation*

$$E(Y|X) = E(Y) \tag{1}$$

il est nécessaire et suffisant que l'équation

$$E(e^{itX}Y) = E(Y)E(e^{itX}) \tag{2}$$

soit satisfaite pour toute valeur réelle de t.

La condition (2) est très utile si l'on veut déterminer les distributions pour lesquelles deux fonctions des observations sont indépendantes. R. G. Laha [2] a employé (1) en étudiant une caractérisation statistique de la distribution de Laplace mais il n'a pas noté l'équivalence des relations (1) et (2).

Si deux variables aléatoires Y et X satisfont à la relation (1), nous dirons que la régression de Y en X est constante.

Dans cette Note nous introduisons d'abord deux fonctions des observations L et S. Puis nous démontrons que la distribution de Poisson est caractérisée par la propriété que S a la régression constante en L. Pour définir la fonction S nous employons la notation suivante.

Soit $(k_1^{i_1}, k_2^{i_2}, \ldots, k_s^{i_s})$ le polynome symétrique des n variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$ défini par la somme

$$(k_1^{i_1}, k_2^{i_2}, \ldots, k_s^{i_s}) = \sum x_1^{k_1} \ldots x_{i_1}^{k_1} x_{i_1+1}^{k_2} \ldots x_{i_1+i_2}^{k_2} \ldots x_k^{k_s}, \tag{3}$$

où $k = i_1 + i_2 + \ldots + i_s$ est le nombre des facteurs dans chaque membre et où $p = i_1 k_1 + \ldots + i_s k_s$ est l'ordre du polynome. Nous introduisons maintenant deux fonctions des variables $x_1, \ldots, x_n$ en définissant

$$L = L(x_1, \ldots, x_n) = (1) = x_1 + x_2 + \ldots + x_n, \tag{4a}$$

$$S = S(x_1, \ldots, x_n) = \frac{1}{n}(3) - \frac{3}{n(n-1)}(21) + \frac{12}{n(n-1)(n-2)}(1^3) - \frac{1}{n}(1). \tag{4b}$$

On peut démontrer que $S = k_3 - k_1$ où k_p est la statistique $-k$ d'ordre p introduit par R. A. Fisher.

---

[1] *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1837.

[2] *Biometrika*, 40, 1953, p. 228-229.

Nous démontrons le théorème suivant :

Théorème. — *Soient* $X_1, \ldots, X_n$ *des variables aléatoires non négatives et indépendantes obéissant à la même loi. Faisons l'hypothèse que le troisième moment de cette loi existe. La condition nécessaire et suffisante pour que les* $X_1, \ldots, X_n$ *obéissent à une loi de Poisson est que* S *ait la régression constante en* L.

Ici L et S sont les fonctions des variables $X_1, \ldots, X_n$ données par (4 *a*) et (4 *b*).

Faisons l'hypothèse que $E(S|L) = E(S)$ et désignons par $f(t)$ la fonction caractéristique de la loi des $X_1, \ldots, X_n$. Alors, selon le lemme 2 :

$$E(e^{itL}S) = E(S)\,E(e^{itL}) = E(S)[f(t)]^n. \tag{5}$$

Nous substituons ici pour S l'expression (4 *b*). En écrivant $f = f(t)$, $f' = f'(t)$, etc., nous obtenons aisément

$$f'''f^{n-1} - 3f''f'f^{n-2} + 2(f')^3 f^{n-3} + f'f^{n-1} = Cif^n, \tag{6}$$

où $C = -iE(S)$. Comme la fonction $f(t)$ est une fonction continue telle que $f(0) = 1$, il y a un nombre $\Delta > 0$ tel que $f(t) \neq 0$ pour $|t| \leqq \Delta$.

Divisant (6) par f^n et introduisant la seconde caractéristique $\varphi(t) = \log f(t)$ on obtient l'équation différentielle

$$\varphi'''(t) + \varphi'(t) = Ci. \tag{7}$$

La fonction $\varphi(t)$ satisfait à cette équation pour tout t réel tel que $|t| \leqq \Delta$. Les conditions initiales sont

$$\varphi(0) = 0. \qquad \varphi'(0) = i\varkappa_1, \qquad \varphi''(0) = -\varkappa_2, \tag{7 a}$$

où $\varkappa_1$ est la première, $\varkappa_2$ la seconde cumulante de notre distribution.

L'équation (7) a alors l'intégrale

$$\varphi(t) = (\varkappa_1 + \lambda_2 - \lambda_1)it + \lambda_1(e^{it} - 1) + \lambda_2(e^{-it} - 1), \tag{8}$$

où

$$\lambda_1 = \frac{\varkappa_2 + \varkappa_1 - C}{2}, \qquad \lambda_2 = \frac{\varkappa_2 - \varkappa_1 + C}{2}.$$

Nous avons supposé que les $X_1, \ldots, X_n$ sont des variables aléatoires non négatives. On déduit d'un théorème de G. Pólya ([3]) que $\lambda_2 = 0$, $\lambda_1 = \varkappa_1 > 0$, cela veut dire que

$$\varphi(t) = \lambda_1(e^{it} - 1) \qquad (\lambda_1 > 0). \tag{9}$$

Nous avons obtenu la solution (9) seulement pour $|t| \leqq \Delta$. Il suit du lemme 1 que cette solution est valable pour toutes les valeurs réelles de t. En renversant le raisonnement qui nous donnait (9) nous obtenons enfin la réciproque.

([3]) *Proceedings of the Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, 1949, p. 115-123.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Étude de la formule de Walker donnant la fonction « O. C. » du test binomial de Wald.* Note (*) de M. **Jean Méric**, présentée par M. Émile Borel.

La présente Note a pour but de préciser la formule donnée par A. M. Walker sous une forme non explicite, et de rendre l'expression obtenue plus aisément utilisable pour le calcul numérique, grâce à un changement de variables.

Pour appliquer le test binomial de Wald aux problèmes de contrôle industriel par exemple, A. M. Walker ([1]) propose de lier à l'échantillonnage progressif la quantité $S = mx - ny + k_2$, l'acceptation ou le rejet du lot contrôlé intervenant dès que S devient $\geqq k_1 + k_2 = k$, ou $\leqq 0$. Les constantes m, n, k_1, k_2 sont fonctions de la sécurité demandée au test. S'attachant au cas où ces constantes sont des entiers positifs, le même auteur a établi des expressions exactes des caractéristiques de ce test. Le travail qui suit a pour but de préciser son expression de la fonction « O. C. », $L(p)$ et de la rendre plus accessible au calcul numérique. La formule de Walker s'écrit :

$$(1) \qquad L(p) = \sum_{i=0}^{m-1} \lambda_i F(k_2 - i), \qquad \text{avec} \quad F(z) = \sum_{\substack{mr+nj=z-1 \\ j\geqq 0,\, r\geqq j}} C_r^j \frac{(-p)^j}{q^r},$$

les λ_i étant solutions du système

$$(2) \qquad \sum_{i=0}^{m-1} \lambda_i F(k + r - i) = 1 \qquad (i, r = 0, 1, \ldots, m-1).$$

Fonction $F(z)$. — Pour préciser le symbole $\sum$ figurant dans son expression, étudions les solutions du système

$$(3) \qquad mr + nj = z - 1 \qquad (j \geqq 0;\, j \leqq r)$$

$(r_0, -j_0)$ étant une solution particulière de l'équation $mr + nj = 1$ ([2]), la solution générale du système (3) s'écrit

$$r(\mu) = (z-1)\,r_0 - n\mu, \qquad j(\mu) = m\mu - (z-1)j_0, \qquad \frac{z-1}{m} j_0 \leqq \mu \text{ entier} \leqq \frac{z-1}{m+n}(r_0 + j_0).$$

D'où l'expression de $F(z)$:

$$(4) \qquad F(z) = \left(\frac{1}{(-p)^{j_0} q^{r_0}}\right)^{z-1} \sum_{\frac{z-1}{m} j_0 \leqq \mu \leqq \frac{z-1}{m+n}(r_0+j_0)} C_{(z-1)r_0 - n\mu}^{m\mu - (z-1)j_0} [(-p)^m q^n]^\mu$$

(*) Séance du 27 octobre 1954.

([1]) J. Roy, *Stat. Soc.*, série B, 12, n° 2, 1950, p. 301-307.

([2]) Solution obtenue en utilisant, par exemple, les restes successifs trouvés dans la recherche du P. G. C. D. de m et n, qui est 1.

ou, si l'on pose $p^m q^n = u$, $p^{j_0} q^{r_0} = \nu$,

$$(5) \qquad F(z) = \frac{1}{\nu^{z-1}} \sum_{\mu} C_{r(\mu)}^{j(\mu)} (-1)^{j(\mu)} u^{\mu}$$

$L(p)$ peut donc s'exprimer en fonction des seules variables u et ν. C'est la forme de cette fonction que l'on se propose d'étudier.

Posons encore $\nu_z =$ le plus petit entier $\geq z j_0/m$; il vient

$$F(z) = \frac{u^{\nu_{z-1}}}{\nu^{z-1}} f_z(u) \qquad (f_z \text{ étant un polynome en } u).$$

En utilisant cette expression, on obtient, si l'on passe à l'écriture matricielle :

$$L(p) = \{B\} [a]^{-1} \{V\}.$$

Dans cette relation

$$[a] = \begin{bmatrix} u^{x_1} f_k & u^{x_2} f_{k-1} & \dots & u^{x_{m-1}} f_{k-m+2} & f_{k-m+1} \\ u^{j_0} f_{k+1} & u^{x_1} f_k & \dots & u^{x_{m-2}} f_{k-m+3} & u^{x_{m-1}} f_{k-m+2} \\ u^{j_0 + x_{m-1}} f_{k+2} & u^{j_0} f_{k+1} & \dots & u^{x_{m-3}} f_{k-m+4} & u^{x_{m-2}} f_{k-m+3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ u^{j_0 + x_2} f_{k+m-1} & u^{j_0 + x_3} f_{k+m-2} & \dots & u^{j_0} f_{k+1} & u^{x_1} f_k \end{bmatrix},$$

avec $x_i = \nu_{k-i} - \nu_{k-m}$.

$\{V\}$ est le vecteur-colonne d'éléments :

$$V_i = \frac{\nu^{k-m}}{u^{\nu_{k-m}}} \nu^{i-1}.$$

$\{B\}$ est le vecteur-ligne d'éléments :

$$B_i = \frac{u^{\nu_{k_2-m}}}{\nu^{k_2-m}} u^{y_i} f_{k_2-i+1} \qquad (y_i = \nu_{k_2-i} - \nu_{k_2-m}).$$

Le déterminant $|a|$ étant de la forme $u^{x_1+x_2+\dots+x_{m-1}} P(u)$, (3) les éléments de la matrice a^{-1} peuvent s'écrire

$$a_{i,j}^{-1} = \frac{1}{P(u)} \frac{\varphi_{i,j}}{x_i} = \frac{1}{x_1 P(u)} p_{i,j},$$

les $\varphi_{i,j}$ et $p_{i,j}$ étant des polynomes en u, de même que $P(u)$.

D'où, en définitive, la forme de $L(p)$, fonction de u et ν :

$$(6) \qquad L(p) = \frac{\nu^{k_1}}{u^{\nu_{k-1} - \nu_{k_2-m}}} \frac{P_1(u) + \dots + \nu^{i-1} P_i(u) + \dots + \nu^{m-1} P_m(u)}{P(u)},$$

avec

$$P_i(u) = u^{y_1} f_{k_2} p_{1,i} + \dots + u^{y_j} f_{k_2-j+1} p_{j,i} + \dots + f_{k_2-m+1} p_{m,i}.$$

(3) En effet, les éléments de la $i^{\text{ième}}$ colonne admettent u^{x_i} comme facteur commun.

Cas particulier où k_1 est multiple de m. — En remarquant que $y_i = x_i$, on on obtient l'expression plus simple :

$$\text{(7)} \qquad L(p) = \frac{\rho^{k_1}}{u^{\frac{k_1}{m}}} \frac{\Pi_1(u) + \ldots + \rho^{i-1}\Pi_i(u) + \ldots + \rho^{m-1}\Pi_m(u)}{P(u)},$$

avec

$$\Pi_i(u) = f_{k_2}\varphi_{1,i} + \ldots + f_{k_2-j+1}\varphi_{j,i} + \ldots + f_{k_2-m+1}\varphi_{m,i}.$$

L'emploi de ces expressions allège les calculs numériques. Le tracé sur un un même graphique (t, z) des droites

$$t_1 = \frac{z-1}{m} j_0 \qquad \text{et} \qquad t_2 = \frac{z-1}{m+n}(r_0 + j_0)$$

permet de lire directement les valeurs $t_1 \leqq \mu \leqq t_2$; ν_{z-1}; $x_1, x_2, \ldots, x_{m-1}$; $y_1, y_2, \ldots, y_{m-1}$. A partir de ces données, les fonctions f_z se calculent aisément. On en déduit la matrice $[a]$, qu'il suffit d'inverser pour obtenir les polynomes $p_{i,j}$ ou $\varphi_{i,j}$, et appliquer alors les formules (6) ou (7).

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Répartition des jets de la couronne en fonction de la latitude au cours du cycle solaire.* Note de M. **Michel Trellis**, présentée par M. André Danjon.

M. Waldmeier, à partir des observations qu'il a faites lui-même, a déjà étudié la répartition des jets de la couronne en fonction de la latitude, au cours du cycle solaire. Il en déduisait l'existence de deux zones d'activité distinctes, une zone équatoriale et une zone polaire [1].

J'ai repris cette question, en utilisant les observations faites au Pic du Midi de 1943 à 1954, avec une fente normale au bord du Soleil, ce qui donne une excellente définition des latitudes où l'intensité est maximum. A partir de ces données, j'ai tracé un diagramme analogue au « diagramme papillon » établi par Maunder pour les taches.

Je n'ai conservé pour cela que les jets nettement définis dont l'intensité est supérieure de 20 % aux intensités voisines. Le petit trait représentant le jet sur le graphique a une longueur proportionnelle à l'intensité du jet.

Une difficulté résidait dans le fait que les observations ne sont pas réparties d'une manière régulière dans l'année. Pour que la densité apparaissant sur le diagramme ait une signification, j'ai ramené le nombre des observations à neuf par mois. Dans les mois ne comportant que huit observations, j'ai compté deux fois la quatrième, etc. Pour la raie 6374, malheureusement, il n'y a souvent que trois ou quatre observations par mois. On est donc amené à

---

[1] *Astronomische Mitteilungen*, 157, 1949; *Z. Astrophysik*, 27, 1950, p. 237-246.

compter chaque diagramme deux ou trois fois, et à multiplier par autant les irrégularités locales. Le poids d'un tel diagramme est ainsi inférieur à celui de la raie 5303. On peut cependant en tirer des renseignements intéressants.

Raie 6374 Å

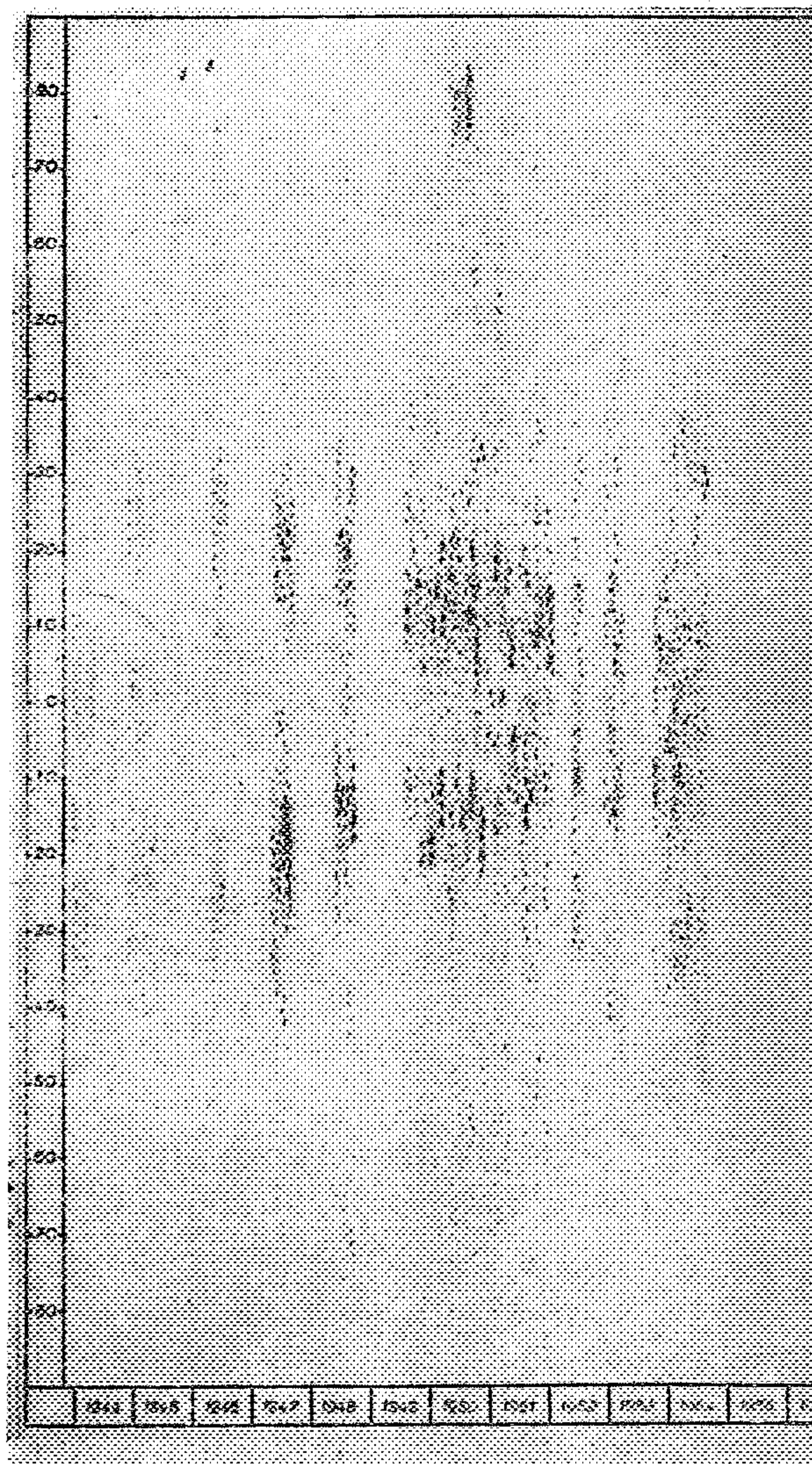


Fig. 1.

Raie 5303 Å

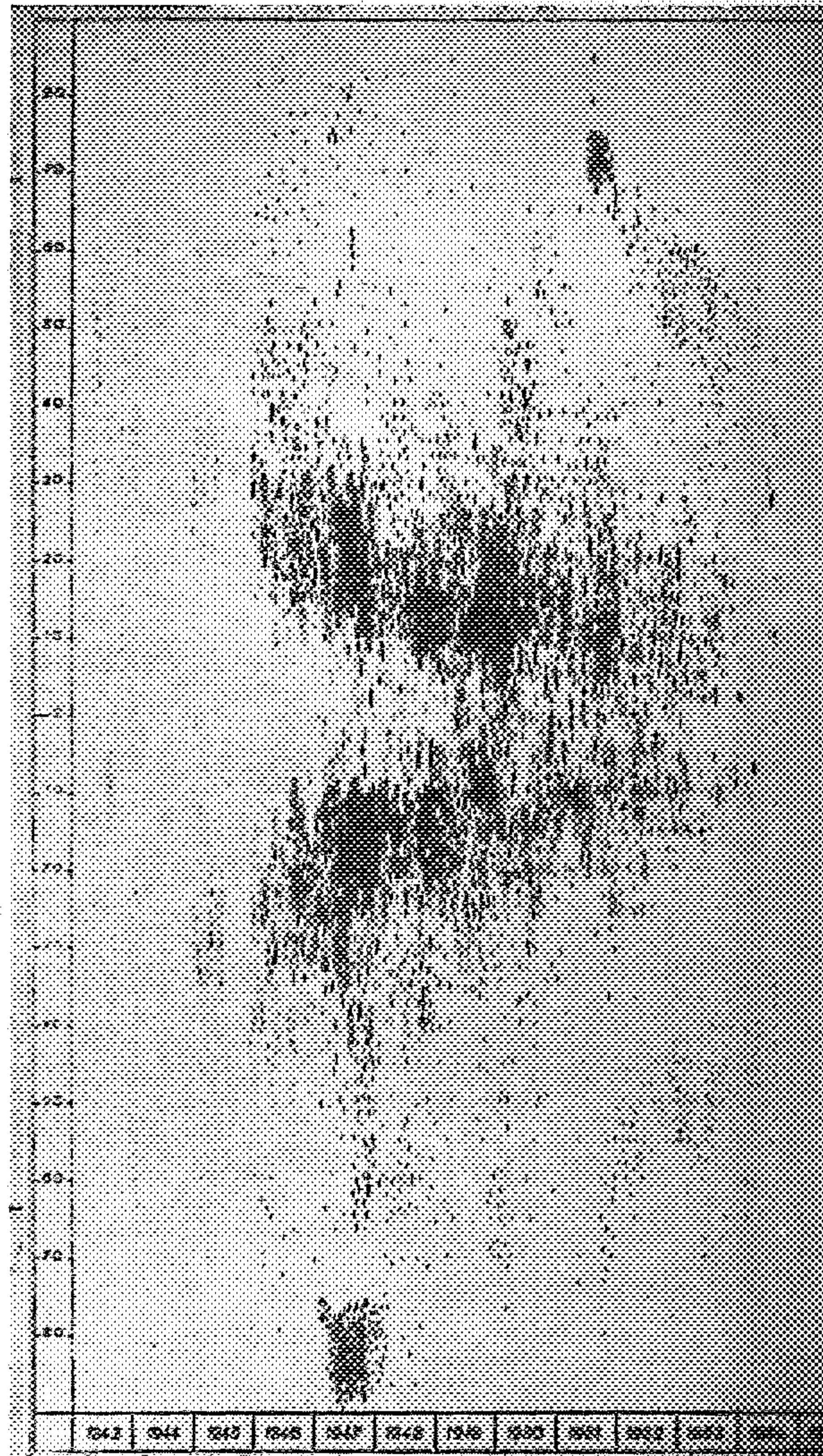


Fig. 2.

Raie 5303. — On voit que l'ancien cycle a pratiquement cessé dès la fin de 1953. Le diagramme de Maunder n'a malheureusement pas été établi pour la période correspondante. On peut tout de même constater que les zones d'activité des taches coïncident avec les zones d'activité de la couronne.

On remarque aussi que de 1943 à 1948 la branche sud présente une acti-

vité plus forte que la branche nord. A partir de 1949, c'est l'inverse qui se produit.

Mais le fait le plus remarquable réside dans les conditions d'apparition du nouveau cycle. Il est manifeste qu'actuellement, la latitude moyenne des jets décroît, et qu'elle atteindra 30 à 40° au moment où l'on peut s'attendre à trouver, à cette même latitude, les premières taches importantes du nouveau cycle. Il est donc légitime de considérer comme appartenant au nouveau cycle les jets apparus à haute latitude depuis 1951, donc bien avant l'extinction de l'activité de basse latitude.

Raie 6374. — Le contraste entre période de maximum et période de minimum est beaucoup plus faible que pour la raie 5303. D'autre part, les jets du nouveau cycle n'apparaissent avec une intensité notable qu'à partir de 1953, alors que l'ancien cycle est encore très actif en 1954. Cette différence de comportement peut vraisemblablement s'expliquer par la différence des potentiels d'ionisation correspondant à la production des ions de Fe_X et Fe_{XIV} auxquels sont attribuées, selon Edlen, les raies 6374 et 5303.

On est aussi frappé par l'apparition de nombreux jets d'intensité notable au voisinage des pôles : en raie verte, au pôle Sud en 1947 et au pôle Nord en 1951 ; en raie rouge, au pôle Nord en 1950. Qui plus est, ces régions actives se placent bien sur le diagramme dans le prolongement des branches commençantes du nouveau cycle. Il y a là un phénomène très remarquable qui conférera un intérêt tout particulier aux observations de la couronne à partir de 1958.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie réaliste des mésons pseudoscalaires.* Note (*) de M. **Bernard Jouvet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il est montré que le seul postulat de l'existence de couplages pseudoscalaires de Fermi entre les nucléons et les leptons implique nécessairement l'existence de mésons pseudoscalaires dont les caractéristiques (masses et constantes de couplage) sont calculables à partir des propriétés des seuls champs de fermions.

Dans cette Note, nous étendons au cas des couplages PS chargés de Fermi le traitement que nous avons employé pour démontrer les équations de Maxwell-Dirac à partir d'un couplage vectoriel neutre de Fermi entre les électrons et les neutrinos ([1]). Nous supposons que les nucléons ($N = n, p$) et les leptons (L_0, L_1, $L_2 = \nu, e, \mu$) sont couplés suivant le schéma :

$$(L_{10}) \underline{\;-(N)-\;} (L_{20}).$$

(*) Séance du 27 octobre 1954.

([1]) B. Jouvet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1642 ; 238, 1954, p. 55, 327 et 454 ; *J. Math.* (sous presse) ; *Thèse de Doctorat* (Sorbonne, 1954).

Définissons les noyaux d'interaction (NN), (NL_{i0}), ($L_{i0}L_{j0}$) qui, représentés par des graphiques de Feynman, sont formés par la somme de toutes les chaînes de boucles portant seulement deux nœuds ([2]), et relient deux lignes de fermions en étant attachés qu'en un point à chacune d'elle. Dans l'espace des impulsions ils prennent une forme algébrique et satisfont aux équations

$$\left\{\begin{aligned} &(NN) = \gamma \sum_i (NL_{i0}) K_{L_iL_0},\\ &(NL_{i0}) = \gamma + \gamma \sum_{j \neq i} (NL_{j0}) K_{L_jL_0} + \gamma (NN) K_{np},\\ &(L_{i0}L_{j0}) = \gamma(1 - \delta_{ij}) + \gamma (NL_{i0}) K_{np} + \gamma \sum_{k \neq j} (L_{i0}L_{k0}) K_{L_kL_0}; \end{aligned}\right.$$

$$\gamma = i\frac{g}{2\pi}, \qquad K_{\alpha\beta}(p) = \int d^4x\, e^{-ipx} K_{\alpha\beta}(x), \qquad K_{\alpha\beta}(x - x') = \langle P(j^5_\beta(x), j^5_\alpha(x')) \rangle_0,$$

$$j^5_\alpha(x) = \bar{\psi}_\alpha(x)\gamma^5\psi_\alpha(x), \qquad (\alpha, \beta = n, p, L_0, L_1, L_2).$$

La solution en est

$$(NN) = \frac{1}{D}\left\{\gamma^2 \sum_i K_{L_iL_0} + 2\gamma^3 K_{L_1L_0} K_{L_2L_0}\right\},$$

$$(NL_{i0}) = \frac{1}{D}\{\gamma(1 + \gamma K_{L_jL_0})\} \quad (i \neq j), \qquad (L_{10}L_{20}) = \frac{1}{D}\gamma(1 + \gamma K_{np})$$

$$(L_{10}L_{10}) = \frac{1}{D}\{\gamma^2(K_{np} + K_{L_2L_0}) + 2\gamma^3 K_{np} K_{L_2L_0}\},$$

$$D = 1 - \gamma^2\left(K_{L_1L_0} K_{L_2L_0} + K_{np} \sum_i K_{L_iL_0}\right) - 2\gamma^3 K_{np} K_{L_1L_0} K_{L_2L_0}.$$

Chaque fonction K dépend après régularisation de deux constantes arbitraires, et, pour un intervalle de valeur de $p^2(p_1^2 < p^2 < p_2^2)$ on peut, avec une approximation d'autant meilleure que les constantes de régularisation sont plus grandes, écrire $K_{\alpha\beta} \approx i(a_{\alpha\beta}p^2 + b_{\alpha\beta})$, ($a$ et b const.). A cette approximation les noyaux prennent alors la forme

$$(NN) \approx i \sum_l \frac{A^l_{NN}}{p^2 + \pi_l^2}, \qquad (NL_{i0}) \approx i \sum_l \frac{A^l_{NL_{i0}}}{p^2 + \pi_l^2}, \qquad (L_{i0}L_{j0}) \approx i \sum_l \frac{A^l_{L_{i0}L_{j0}}}{p^2 + \pi_l^2}.$$

Les constantes $A^l_{uv}(u, v = N, L_{10}, L_{20})$, et π_l^2 sont déterminées par les constantes $a_{\alpha\beta}$ et $b_{\alpha\beta}$, elles-mêmes fonctions des masses des fermions (les constantes de régularisations sont ou bien des constantes universelles ou bien des fonctions encore inconnues des masses des fermions intervenant dans chaque boucle) l'indice l peut dans cet exemple être égal à 1, 2, 3 puisque D a trois zéros. L'interprétation de ces noyaux en terme d'échange de mésons de masse π_l n'est possible

([2]) L'intervention de boucles portant plus de deux nœuds sera étudiée dans une publication ultérieure.

que si les constantes A^l_{uv} permettent de définir des constantes de couplages fermion-méson G_{u,π_l} telles que $A^l_{uv} = G_{u,\pi_l} G_{v,\pi_l}$ il faut pour cela que l'on ait

$$(A^l_{uv})^2 \equiv A^l_{uu} A^l_{vv}.$$

Définissant en toute exactitude les constantes A_{uv} et π_l^2 par

$$D(-\pi_l^2) = 0 \qquad \text{et} \qquad A^l_{uv} = \frac{1}{l}[(uv)(p^2 + \pi_l^2)]_{(p^2+\pi_l^2)=0},$$

on vérifie alors que l'on a

$$[D^2((uv)^2 - (uu)(vv))]_{(p^2+\pi_l^2 \to 0)} \sim [D]_{(p^2+\pi_l^2) \to 0} = 0,$$

ce qui entraîne immédiatement la relation entre les A; par conséquent cette théorie permet de prévoir en principe non seulement les masses des mésons mais aussi la valeur des constantes de couplage entre ces mésons et les fermions. Certaines limitations de signe ou de réalité des constantes A et π^2 existent que nous ne pouvons aborder ici.

D'après la façon dont nous avons ici « construit » le méson il apparaît que celui-ci est toujours considéré comme une particule virtuelle, ce qui correspond bien à la réalité puisque le méson est toujours après un temps fini suivant son émission, soit absorbé soit désintégré. On peut s'affranchir de cette limitation et définir le méson « réel » avec des équations de Bethe-Salpeter, mais on ne peut plus alors calculer les constantes de couplage méson-fermion.

Il existe entre les différents fermions le terme d'interaction

$$I = \sum_{uv} \int d^4p \, J^5_u(p)\,(uv(p))\, J^5_v(-p),$$

que l'on peut écrire

$$I = \int \sum_{ul} G_{u\pi_l} J^5_u(p)\, \varphi_l(p)\, d^4p, \qquad \sum_l G_{u\pi_l} \varphi_l(p) = \sum_v (uv(p))\, J^5_v(-p),$$

ce qui définit les équations des mésons (φ_l) :

$$(p^2 + \pi_l^2)\varphi_l = \sum_u G_{u\pi_l} J^5_u.$$

THERMODYNAMIQUE. — *Nouvelle méthode de recyclage de vapeur, applicable aux postes d'évaporation à multiple effet.* Note de M. **Robert Pouit**, présentée par M. Georges Darrieus.

La constance de l'évaporation d'un poste à grande variation de prélèvement de vapeur d'ébullition est obtenue (pour de très faibles variations de débit du compresseur mécanique de recyclage) avec la combinaison de la compression mécanique et de la thermo-compression, par éjection d'un soutirage réduit de vapeur vive. Le réglage est assuré automatiquement par le débit du prélèvement variable.

Le principe de la méthode consiste, pour ne faire varier que de faibles quantités prédéterminées le débit du compresseur mécanique qui assure la partie la

plus importante du recyclage, à lui associer des thermo-compresseurs à éjection de débits unitaires égaux, chaque mise en ou hors service d'un éjecteur, à la demande du prélèvement variable, entraînant la mise instantanée du débit de compression mécanique à sa valeur minimum ou maximum de manière à varier d'une façon continue le débit de recyclage, en sens inverse du prélèvement variable. Le compresseur mécanique est établi pour que sa variation de débit suffise à maintenir la constance de l'évaporation dans l'intervalle pour lequel aucun éjecteur n'est en service.

Étude analytique. — Notations : V, consommation de vapeur; n, nombre d'éjecto-compresseurs. P_1, P_2, P_3, P_4, ..., prélèvements constants ordonnés par indice. C, prélèvement variable de o à C_{max} au premier effet; K, effet d'éjection; x, débit variable du compresseur; y, débit de vapeur vive éjectée. Données : P_1, P_2, P_3, P_4, C_{max} $\Delta x = x_{max} - x_{min}$. On suppose le poste constitué par quatre effets, éjection sur le premier effet, compression mécanique sur les deux premiers effets.

Consommation de vapeur $V = (V - y) + y = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + C$.

	1er effet :	$E_1 = (V-y) + y + Ky + x$	$=$	$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + Ky + x + C$
Évaporation.	2e »	$E_2 = E_1 - P_1 - Ky - C$	$=$	$P_2 + P_3 + P_4 + x$
	3e »	$E_3 = E_2 - P_2 - x$	$=$	$P_3 + P_4$
	4e »	$E_4 = E_3 - P_3$	$=$	P_4
		Évaporation totale $(J - S)$	$=$	$P_1 + 2P_2 + 3P_3 + 4P_4 + Ky + 2x + C$

Débit du compresseur

(1) $$x = \frac{(J - S) - (P_1 + 2P_2 + 3P_3 + 4P_4)}{2} - \frac{K}{2}y - \frac{C}{2} = \alpha - \frac{K}{2}y - \frac{C}{2},$$

(2) $$x_{min} \text{ pour } C = C_{max}, \qquad y = 0, \qquad x_{min} = \alpha - \frac{C_{max}}{2};$$

(3) $$x_{max} \text{ pour } C = 0, \qquad y = y_{max}, \qquad x_{max} = \alpha - \frac{K}{2}y_{max};$$

(4) $$\Delta x = x_{max} - x_{min} = \frac{1}{2}(C_{max} - Ky_{max}); \qquad (5) \quad y_{max} = \frac{1}{K}(C_{max} - 2\Delta x).$$

(6) Évaporation totale constante pour $Ky + 2x + C = \text{const.}$

(7) $$\frac{\partial x}{\partial C} = -\frac{1}{2} - \frac{K}{2}\frac{\partial y}{\partial C}.$$

Dans chaque intervalle (y constant) $\partial y/\partial C = 0$, la variation totale serait représentée pour $(Ky + 2x)$ par des tronçons de droites parallèles ($dx/dC = -1/2$). A chaque changement d'intervalle (C constant), la continuité impose $\Delta(Ky) + \Delta'(2x) = 0$ comme $\Delta(Ky) = Ky_{max}/n$ on a d'après (5),

$$\frac{1}{n}(C_{max} - 2\Delta x) + 2\Delta' x = 0, \qquad n = -\frac{(C_{max} - 2\Delta x)}{2\Delta' x},$$

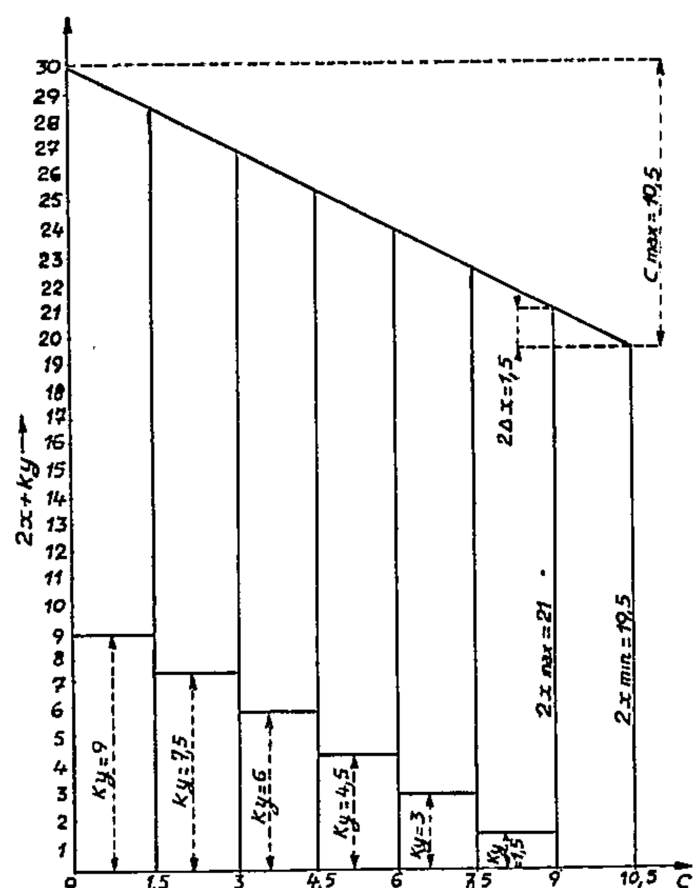
Comme l'on s'impose

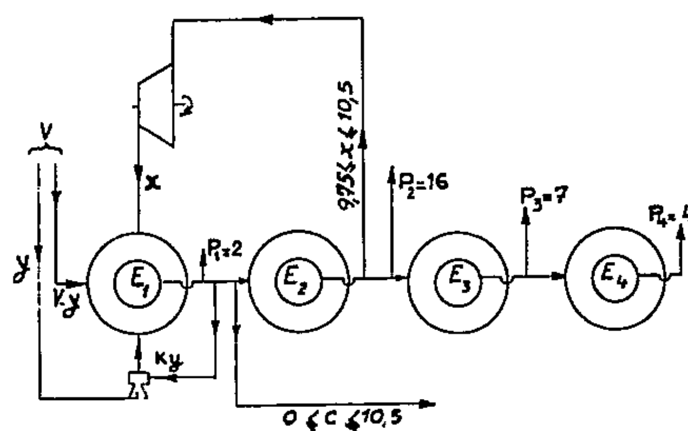
(8) $$\Delta' x = -\Delta x, \qquad n = \frac{C_{max}}{2\Delta x} - 1.$$

De (5) et (8) on déduit la relation

(9) $$y_{max} = \frac{2n}{k}\Delta x.$$

Variation de l'évaporation par effet. L'évaporation étant constante sur les 3e et 4e effets et sur l'ensemble du poste, les variations sont égales et de signe contraire sur les deux premiers effets. Comme $E_2 = P_2 + P_3 + P_4 + x$, $\Delta E_2 = -\Delta E_1 = \Delta x$, d'où la proposition : En recyclage mixte par éjection au premier effet, et par compression mécanique sur les deux premiers effets, les variations d'évaporation sur les deux premiers effets, égales et de signe contraire, sont numériquement égales à la variation de débit du compresseur mécanique.





Application. — $C_{max} = 10{,}5\,(0 < C < 10{,}5)$, $\Delta x = 0{,}75$, $P_1 = 2$, $P_2 = 16$, $P_3 = 7$, $P_4 = 4$, $(J - S) = 101$, $K = 2{,}5$.

$$\alpha = \frac{101 - (2 + 32 + 21 + 16)}{2} = 15, \qquad n = \frac{10{,}5}{0{,}75 \times 2} - 1 = 6, \qquad (n+1) = 7;$$

$$x_{min} = 15 - 5{,}25 = 9{,}75, \qquad x_{min} = 9{,}75 + 0{,}75 = 10{,}5, \qquad \frac{\Delta x}{x_{max}} = 7{,}14\,\%;$$

$$y_{max} = \frac{6 \times 2}{2{,}5} \times 0{,}75 = 3{,}6, \qquad V_{max} = 2 + 16 + 7 + 4 + 10{,}5 = 39{,}5;$$

$$V_{min} = 29 \qquad \frac{\Delta E_1}{E_1} = 1{,}5\,\%, \qquad \frac{\Delta E_2}{E_2} = 2\,\%.$$

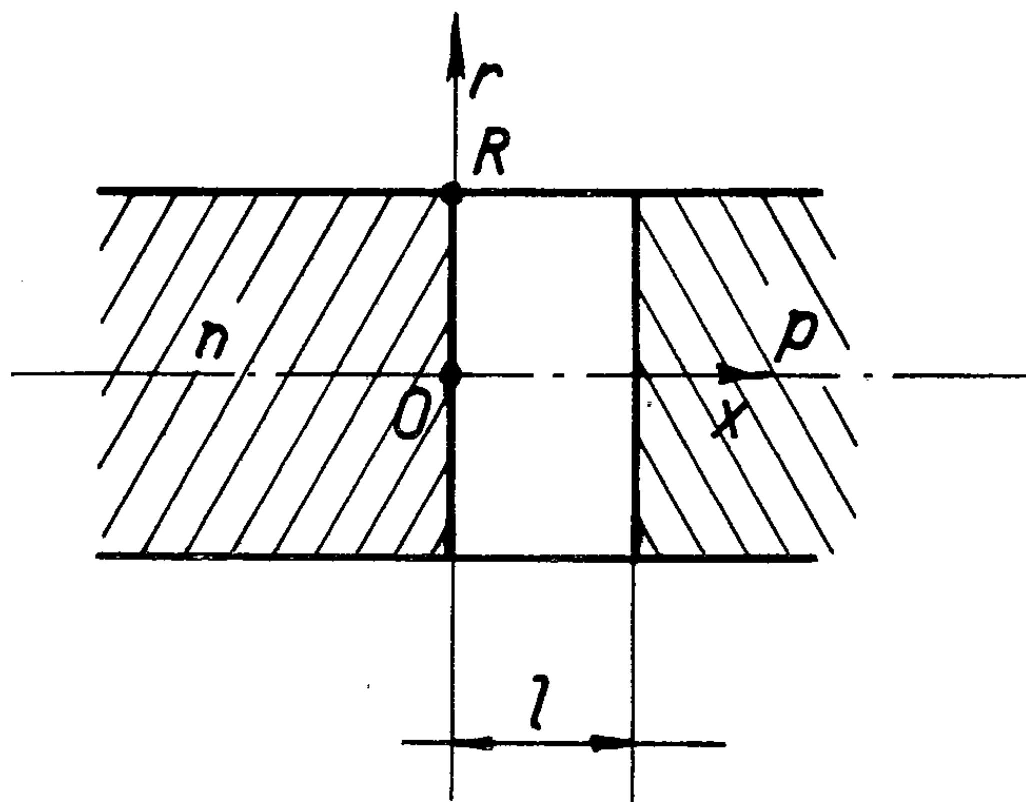
Réglage du compresseur centrifuge. — Pour les faibles variations de débit admises, le réglage est fait par vannage sur l'admission. On obtient le même réglage dans chaque intervalle en commandant la vanne par un servo-moteur, en fonction de la dépression au col de buses calibrées branchées sur chacun des $(n+1)$ conduits de distribution de C, les conduits d'égal débit étant ouverts et fermés successivement par des vannes dont l'ouverture et la fermeture sont conjuguées automatiquement avec la fermeture et l'ouverture des obturateurs contrôlant les éjecteurs. Toutes les prises de dépression aboutissent à un collecteur commun. L'on s'arrange pour que les prises individuelles soient obturées aussi bien par la fermeture des vannes que par leur pleine ouverture. Ainsi, la seule dépression transmise au collecteur, est celle de la buse du der-

nier conduit en service (seul de débit variable). Au changement d'intervalle : à une fermeture de vanne, suivie du déblocage de la vanne précédente, la dépression maximum du conduit précédent établit instantanément la variation de débit $-\Delta x$ du maximum au minimum. A l'ouverture d'une vanne, la brusque cessation de la dépression fait varier le débit du minimum au maximum $(+\Delta x)$.

SEMI-CONDUCTEURS. — *Sur le courant inverse de saturation dans un type de redresseur à jonction p-n.* Note (*) de M. **Jacques Laplume**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans le redresseur à jonction *p-n* idéal, le courant inverse tend vers une limite lorsqu'on fait croître la tension appliquée. Ce courant est dû à la diffusion des porteurs minoritaires engendrés par l'agitation thermique. La génération de ces porteurs s'effectue par l'intermédiaire des *centres de recombinaison* disséminés dans le volume et également à la surface du semi-conducteur. Nous allons montrer que la recombinaison en surface contribue pour une part importante, et parfois prépondérante, au courant inverse de saturation.

Nous prendrons comme modèle de redresseur celui de R. N. Hall ([1]). Ce redresseur est constitué d'une plaquette de semi-conducteur faiblement contaminée, flanquée de deux régions très fortement contaminées de conductivité *n* et *p* respectivement (*figure*). Nous supposerons que la région faiblement



contaminée, que nous appellerons *région intermédiaire*, a la forme d'un disque circulaire de rayon R et d'épaisseur *l*. La concentration des porteurs minoritaires est très faible dans les régions fortement contaminées, et nous la négligerons.

(*) Séance du 27 octobre 1954.

([1]) *Proc. Inst. Rad. Eng.*, 1952, p. 1512-1518.

Soit p la concentration des porteurs minoritaires dans la région intermédiaire supposée de conductivité du type n, p_n la concentration d'équilibre, D la constante de diffusion, τ la durée de vie en volume, $L = \sqrt{D\tau}$ la longueur de diffusion. p vérifie l'équation classique [2]

(1) $$\nabla p + \frac{p - p_n}{L^2} = 0.$$

A la surface libre de la région intermédiaire ($r = R$), le courant de diffusion équilibre la recombinaison en surface :

(2) $$-D\frac{\partial p}{\partial r} = s(p - p_n),$$

où s est la vitesse de recombinaison en surface. Dans le plan $x = 0$, la continuité du courant de diffusion impose $\partial p/\partial x = 0$. Enfin, dans le plan $x = l$, les porteurs sont très rapidement entraînés par la barrière, de sorte qu'on peut admettre $p = 0$. Le problème est alors entièrement déterminé, et le courant inverse se calcule par la formule

(3) $$I = -e\int_0^R D\left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)_{x=l} 2\pi r\, dr,$$

où e est la charge électronique.

L'équation (1) s'intègre par la méthode classique de séparation des variables. On obtient ainsi pour p un développement en fonctions propres orthogonales, et le calcul des coefficients de ce développement est aisé. Le résultat est le suivant :

(4) $$I = 4\pi e D p_n R^2 \sum_n \frac{a_n \operatorname{Th} a_n l}{u_n^2[1 + (u_n/\sigma)^2]},$$

avec

(5) $$\sigma = sR/D$$

et

(6) $$a_n = \sqrt{1/L^2 + (u_n/R)^2}.$$

Les u_n sont les racines positives de l'équation :

(7) $$\frac{u_n}{\sigma} = \frac{J_0(u_n)}{J_1(u_n)},$$

où les J désignent les fonctions de Bessel régulières à l'origine.

Lorsque σ et l/L sont très petits, on peut ne retenir dans la série (4) que le premier terme prépondérant, et l'on obtient, après quelques manipulations

(8) $$I = \frac{ep_n}{\tau}\pi R^2 l + (ep_n s)\, 2\pi R l.$$

(2) W. SHOCKLEY, *Electrons and Holes in Semi-conductors*, D. Van Nostrand, New-York, 1950.

Sous cette forme, on voit que le courant inverse est égal à la totalité de la charge engendrée par unité de temps sous forme de porteurs minoritaires dans le volume et à la surface de la région intermédiaire. La recombinaison en surface est prépondérante lorsque $2s\tau/R > 1$. Tel est le cas, par exemple, si $R = 0,5$ mm et $\tau = 500$ µs lorsque s dépasse 50 cm/s. Une valeur aussi faible est très difficile à obtenir.

La méthode que nous avons utilisée est applicable au calcul du gain en courant du transistor à jonction. Ce calcul fera l'objet d'une prochaine publication.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesures relatives à la section efficace de fission du plutonium pour des neutrons lents* (1). Note de Mlle **Magda Galula**, MM. **Bernard Jacrot** et **Francis Netter**, présentée par M. Francis Perrin.

La variation de la section efficace de fission du plutonium avec l'énergie est déterminée pour les neutrons lents, mettant en évidence une résonance. Les résultats sont comparés à ceux de l'uranium.

Un spectromètre à temps-de-vol, utilisant les neutrons de la pile de Saclay, a été employé (entre novembre 1953 et janvier 1954) pour mesurer la variation de la section efficace de fission du plutonium en fonction de l'énergie des neutrons entre quelques électron-volts et zéro. La mesure consiste dans la comparaison entre les réponses spectrales d'une chambre d'ionisation à dépôt mince de plutonium et d'un compteur proportionnel à BF_3 placés successivement dans la même position. Le rapport des taux de comptage des deux détecteurs, corrigé d'un facteur tenant compte de l'auto-absorption dans le compteur à bore, est proportionnel au produit $\sigma_f v$ de la section efficace de fission par la vitesse moyenne pour le canal de temps-de-vol considéré.

Les mesures ont été effectuées en utilisant deux largeurs de résolution différentes suivant le domaine d'énergie étudié : 28 µs/m (largeur à la base d'un rectangle) et 16 µs/m (largeur à la base d'un triangle). Les points expérimentaux sont portés sur la figure 1 où σ_f est donné en unités arbitraires.

Résonance de fission. — La variation de σ_f présente une résonance très accentuée à une énergie de $0,298 \pm 0,002$ eV. La largeur expérimentale à mi-hauteur du pic de résonance est de 0,08 eV alors que la largeur à mi-hauteur du triangle de résolution est 0,04 eV. Cela correspond à un élargissement à mi-hauteur de l'ordre de 0,005 eV, ce qui est insignifiant, et à une réduction de l'ordonnée au pic de l'ordre de 9 %. Finalement, compte tenu de l'erreur

(1) Document retiré du pli cacheté n° 13.323 déposé le 12 avril 1954, ouvert à la demande des auteurs le 4 octobre 1954.

de fluctuation statistique sur la valeur expérimentale de cette ordonnée, on a σ_f au pic/σ_f à 0,025 eV $= 4,15 \pm 0,5$.

On observe que :

1° On ne peut pas rendre compte de la courbe par une formule de Breit-Wigner à un niveau. Si l'on ajuste la formule de Breit-Wigner pour rendre compte de la forme du pic, l'écart avec la courbe expérimentale est beaucoup plus grand (en $\sigma_f v$) à 0,008 eV qu'à 1 eV;

2° d'autres mesures faites avec une résolution de 2,8 μs/m montrent que la première résonance suivante est au-dessus de 10 eV, et donnent une limite supérieure à la contribution de ces résonances. Cette contribution est également limitée supérieurement par la valeur de la section efficace à 1 eV. Il n'est pas possible de rendre compte de la courbe expérimentale par une formule de Breit-Wigner à un seul niveau et un terme provenant des résonances positives supérieures;

3° une résonance négative permettrait d'expliquer la valeur de $\sigma_f v$ à 0,008 eV mais ne semble pas s'accorder avec la forme de la courbe vers 0,2 et 0,1 eV.

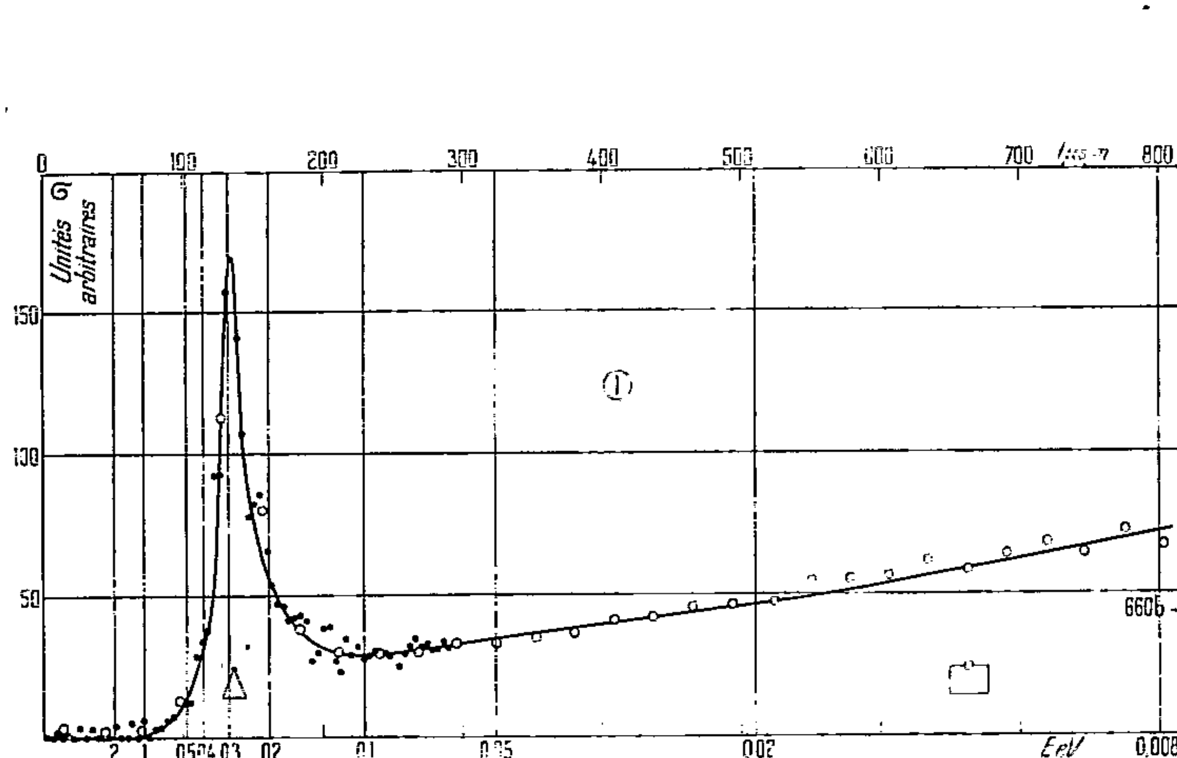


Fig. 1.

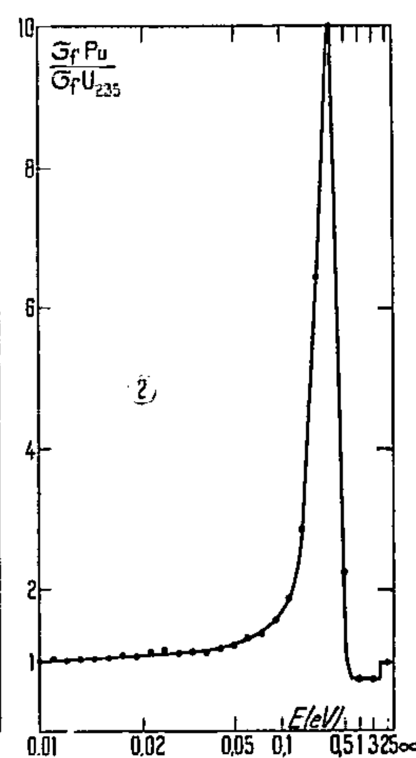


Fig. 2.

Fig. 1. — Variation de σ_f en fonction de l'énergie E ou du temps-de-vol t. Les gros points sont obtenus avec 28 μs/m de résolution; les petits points avec 16,5 μs/m de résolution.

Fig. 2. — Variation avec l'énergie du rapport des sections efficaces de fission du plutonium et de l'uranium.

Réponse spectrale dans un flux de neutrons de pile. — La contribution des neutrons d'énergie supérieure à 0,6 eV est seulement 1 % du taux de comptage total de la chambre à fission de plutonium. La valeur de la section efficace moyenne σ_{fm} pour le flux quasi-maxwellien utilisé est sensiblement égale à la valeur de σ_f pour des neutrons monocinétiques de temps de vol 416 μs/m. On en déduit, à partir de la valeur 664 barns publiée ([2]) pour σ_{fm} dans un flux

([2]) *Nature*, 4308, 1952, p. 871.

quasi-maxwellien correspondant à la vitesse la plus probable 2 200 m/s, une valeur absolue grossière portée à titre indicatif sur la figure 1 par le repère de 660 barns.

Comparaison avec l'uranium 235. — Des mesures ont été effectuées où le dépôt de plutonium est remplacé par un dépôt d'uranium enrichi en ^{235}U (1/7 de ^{235}U dans l'uranium). On en déduit (*fig.* 2) la variation du rapport σ_f Pu/σ_f U des sections efficaces de fission. Pour un rapport 1,1 à 0,025 eV, il apparaît que ce rapport est :

1° de 0,95 pour l'ensemble des neutrons d'énergie supérieure à 6 eV;

2° de 0,7 pour l'ensemble des neutrons entre 6 et 0,75 eV, ce qui traduit l'existence des diverses résonances dans cette région pour ^{235}U;

3° la première résonance positive et la résonance négative de σ_f pour ^{235}U sont masquées par l'intensité de la résonance du plutonium.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude de la radioactivité de* $^{122}_{51}Sb$. Note (*) de M. **Jean Moreau**, présentée par M. Francis Perrin.

Détermination des énergies et intensités des spectres β partiels de $^{122}_{51}Sb$ par spectrométrie magnétique; mise en évidence d'un quatrième spectre par spectrométrie magnétique en coïncidence. Un schéma de désintégration est proposé.

Malgré les nombreux résultats publiés sur les rayonnements de désintégration de $^{122}_{51}Sb$, il subsiste encore des désaccords sur les énergies, les intensités et sur le nombre et la nature des spectres β partiels; nous avons repris l'étude des rayonnements β et γ par spectrométrie magnétique directe et en coïncidence.

Le spectre β complexe a été étudié à l'aide du spectromètre solénoïdal [1]; la source était constituée par un dépôt uniforme d'antimoine d'épaisseur 1 mg/cm² environ et irradié pendant 50 h à la pile de Châtillon ; la proportion des désintégrations de ^{124}Sb était de l'ordre de 1 % ; le pouvoir séparateur du spectromètre était de 2 %.

En tenant compte des résultats de spectrométrie en coïncidence qui précisent l'énergie de certains spectres partiels, nous avons pu décomposer le spectre β direct (*fig.* 1) en quatre spectres β dont les énergies et intensités sont les suivantes :

Spectres β...............	1.	2.	3.	4.
Energie (KeV........	1 970 ± 10	1 410 ± 10	900 ± 50	720 ± 20
Intensité (%)........	21	60	7	12

Le diagramme de Fermi (*fig.* 2 *a*) du premier spectre correspond à une forme de spectre β de première interdiction avec changement de spin égal

(*) Séance du 27 octobre 1954.

(1) P. Bretonneau et J. Moreau, *J. Phys. Rad.*, 14, 1953, p. 25-30.

à 2 (coefficient C_1^2); ce type de transition correspond bien à la valeur élevée de ft ($\log ft = 8,7$); le second spectre obtenu par déduction du premier spectre, présente une forme permise en désaccord avec le résultat de J. M. Cork et collaborateurs ([2]).

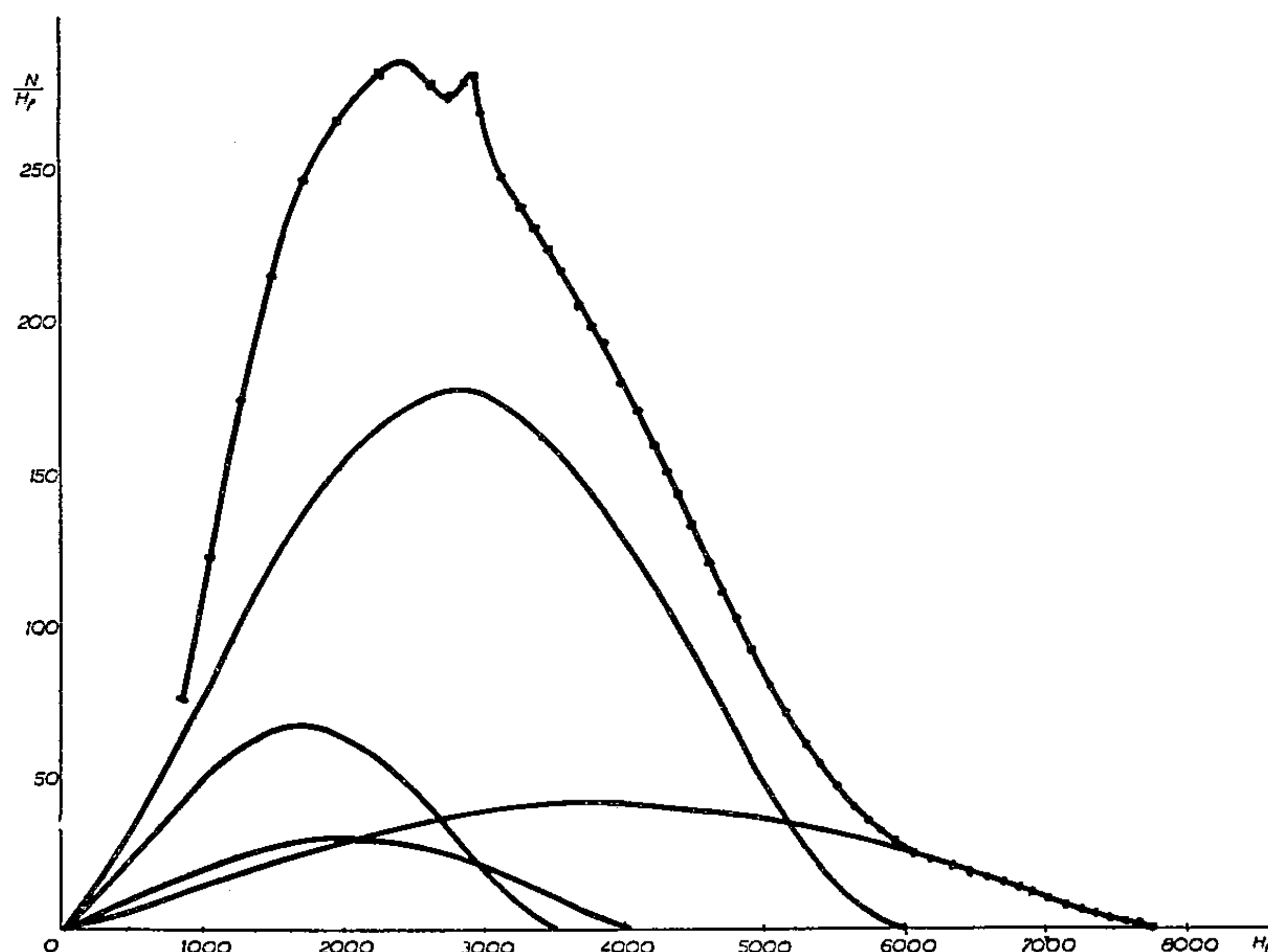


Fig. 1. — Spectre β.

Nous avons étudié ensuite les spectres en coïncidence avec tous les rayons γ avec un spectromètre à bonne efficacité de coïncidence βγ ([3]); le pouvoir séparateur du spectromètre était de 6 %. Le diagramme de Fermi (*fig.* 2 *b*) confirme la forme permise du second spectre et montre qu'il doit exister un spectre β dont l'énergie limite serait d'environ 900 keV.

Nous avons cherché aussi les spectres en coïncidence avec les rayons γ d'énergie voisine de 1100 et 1200 keV, qui ont été mis en évidence seulement par scintillations ([2]). Le diagramme de Fermi (*fig.* 2 *c*) indique deux spectres dont les énergies limites sont de 900 et 720 keV.

L'analyse du rayonnement γ en coïncidence avec des β a été faite pour deux valeurs de l'énergie des β. Le spectre γ direct obtenu par scintillation est représenté sur la figure 3 *a*; à 1100 keV la raie de 558 keV apparaît en coïncidence (*fig.* 3 *b*) mais la raie de 687 keV n'apparaît pas; à 300 keV les deux raies apparaissent; ce résultat est en accord avec les expériences de coïncidences γγ ([2]) qui établissent la cascade 558-687 keV.

([2]) J. M. Cork, M. K. Brice, G. D. Hinkman et L. C. Schmid, *Phys. Rev.*, 93, 1954. p. 1059.

([3]) J. Moreau, Lettre au *Journal de Physique* (à paraître).

L'étude du rayonnement γ a été faite aussi par spectrométrie magnétique. Le radiateur était un disque de plomb d'épaisseur 20 mg/cm²; les raies photoélectriques K et L du γ de 558 keV apparaissent mais, seule, la raie photoélectrique K du γ de 687 keV a pu être mise en évidence.

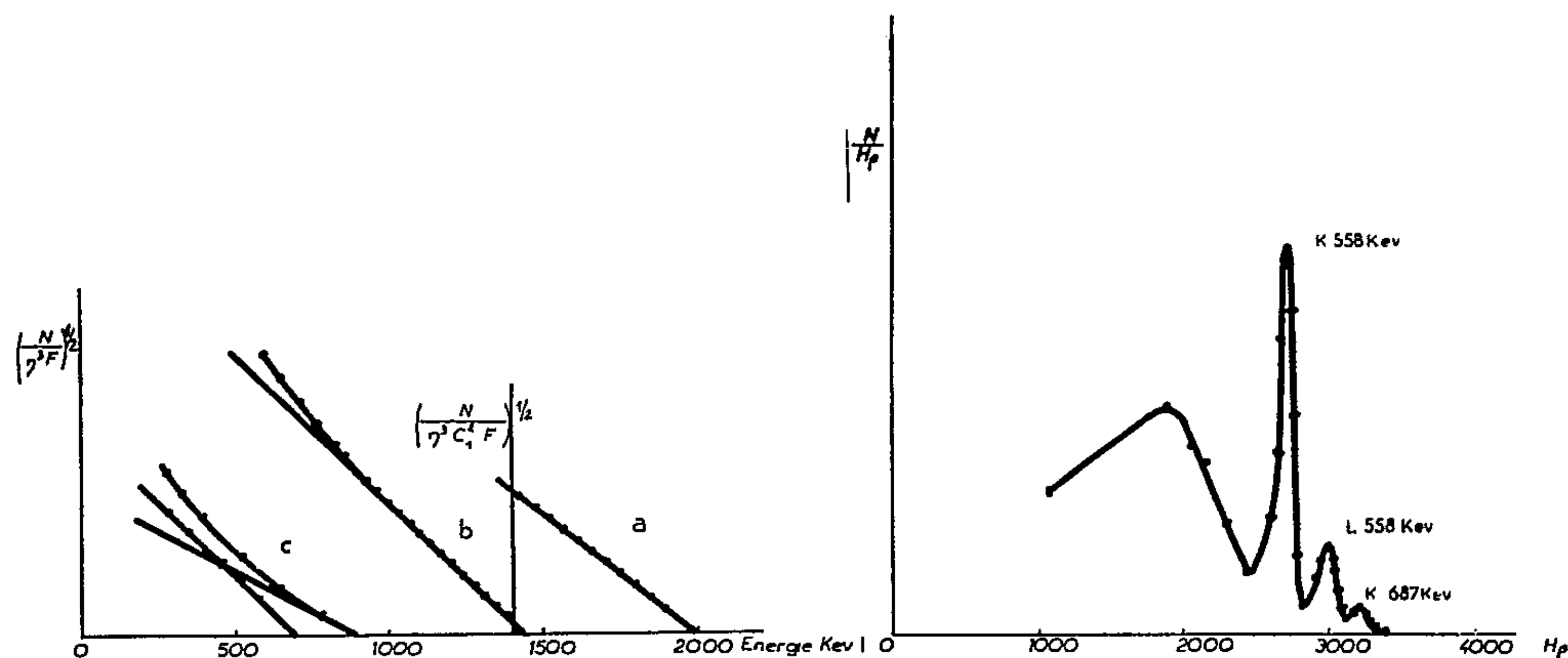


Fig. 2. Fig. 4.

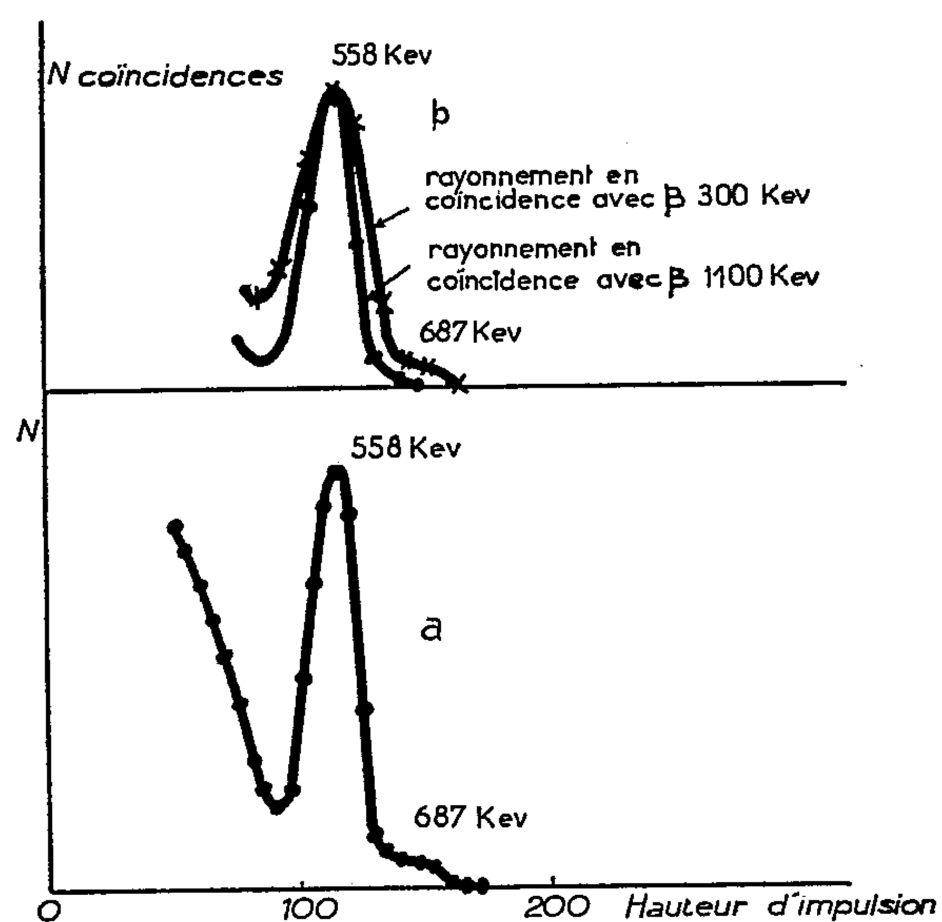


Fig. 3.

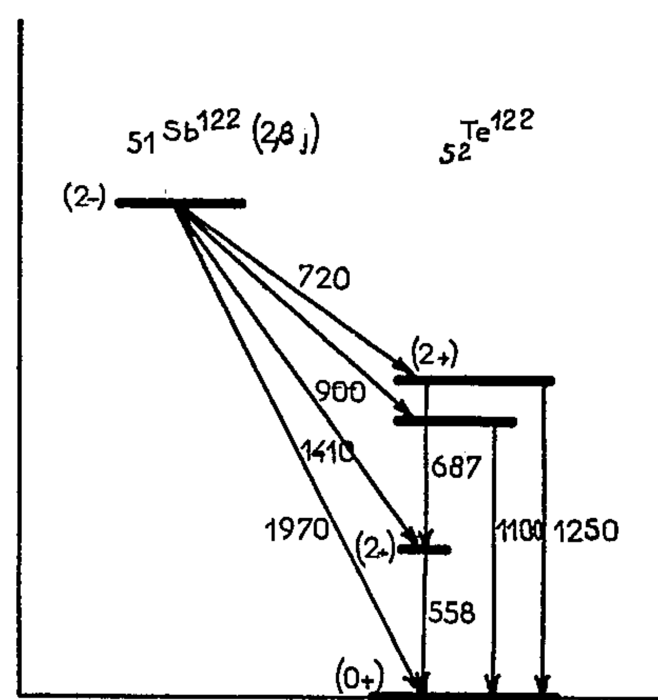


Fig. 5.

Fig. 2 : Diagrammes de Fermi. — Fig. 3 : Spectre γ direct et en coïncidence.
Fig. 4 : Électrons compton et photoélectrons γ de $_{51}Sb^{122}$.

Avec ces résultats, nous pouvons proposer le schéma de désintégration de la figure 5, où figurent seulement les rayons γ dont les intensités sont suffisantes pour être détectées par leurs raies photoélectriques ou par scintillation (1100-1200 keV).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Thermocinétique de la rehydratation des produits de décomposition de l'hydrargillite.* Note de MM. **Honoré Thibon** et **Edouard Calvet**, présentée par M. Paul Pascal.

Il est connu ([1]) que la décomposition thermique ménagée de l'hydrargillite conduit, lorsqu'elle est effectuée sous le vide d'une pompe à diffusion de mercure et à une température inférieure à 400°, à un mélange de boehmite et d'une phase d'alumine mal organisée indécelable aux rayons X et jouissant de la propriété d'être presque intégralement rehydratable par l'eau à 25°C. Si au lieu d'une hydrargillite Bayer normale (constituée par des agglomérats de 40 à 50 μ de diamètre moyen) on utilise une hydrargillite très fine (1/10e de micron) et à structure lamellaire ([2]); il n'apparaît pas de boehmite dans les conditions de chauffage indiquées plus haut : Jusqu'à 400° on obtient uniquement la phase d'alumine mal organisée éminemment rehydratable.

Nous avons étudié la thermocinétique de cette rehydratation en la réalisant dans un microcalorimètre Tian-Calvet ([3]). A cet effet on immergeait brusquement grâce à un dispositif spécial, 10 à 20 mg d'hydrargillite fine déshydratée dans 10 cm³ d'eau placés dans la cellule de l'appareil. La courbe enregistrée débit thermique-temps reproduisait fidèlement la thermocinétique du phénomène, la nature chimique des produits obtenus étant déterminée par examen aux rayons X.

On a, dans les conditions précédentes, effectué à trois températures différentes : 10, 25, et 35°C la rehydratation d'un échantillon d'alumine fine déshydratée pendant 20 h à 205°C sous vide poussé (formule Al_2O_3 0,47 H_2O) et présentant un diagramme X faible avec une seule raie mesurable (environ 1,40 Å),

L'examen des courbes enregistrées montre :

1° que la rehydratation donne lieu, dans les trois cas, à un premier phénomène exothermique rapide (1 h environ) se manifestant sur la courbe par une pointe aiguë, l'importance de cette pointe dépendant peu de la température dans les limites étudiées ;

2° que ce premier phénomène exothermique est suivi d'un deuxième dont la vitesse varie beaucoup avec la température : ainsi la courbe obtenue à 35° montre nettement un deuxième renflement exothermique avec maximum après 3 h d'immersion ; sur celle obtenue à 25° le renflement est plus faible et plus étalé (maximum après 14 h d'immersion) et enfin à 10° il n'apparaît pas encore au bout de 24 h.

([1]) R. Tertian, D. Papée et J. Charrier, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 98.

([2]) Thibon, Charrier et Tertian, *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. 385.

([3]) E. Calvet, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1702.

Un examen aux rayons X par la méthode des poudres a montré que, tandis que le produit final obtenu à 10° ne renfermait que de l'alumine anhydre mal organisée et une substance amorphe, ceux obtenus à 35 et 25° étaient essentiellement constitués par un mélange de bayerite et d'alumine anhydre.

A 10° il ne s'est donc produit, au cours de l'expérience microcalorimétrique, aucun phénomène de rehydratation en bayerite, contrairement à ce qui a été observé à 25 et 35°C. Ceci tendrait à prouver que seul le deuxième effet thermique enregistré sur les courbes obtenues à 25 et 35° correspondrait à la formation de bayerite. En vue de préciser davantage la nature de chacun des deux phénomènes enregistrés, nous avons déterminé leur importance par intégration des courbes.

Le premier effet thermique est relativement faible : 15 à 16 cal. par gramme d'alumine mise en œuvre. A cause de cela on ne peut guère avoir affaire ici qu'à un phénomène d'adsorption. Remarquons que V. M. Stowe (4) avait déjà observé que la chaleur dégagée par l'immersion dans l'eau liquide de divers échantillons d'alumine fraîchement réactivée variait de 14,1 à 24,4 cal par gramme d'absorbant.

Dans le cas de l'immersion dans l'eau à 35°C, le deuxième effet thermique est beaucoup plus important. Il correspondrait à un dégagement de 130 cal environ par gramme d'alumine mise en œuvre. Il s'agit donc bien ici du phénomène chimique donnant naissance à la bayerite mise en évidence par les rayons X.

Remarquons maintenant que ce deuxième phénomène est lui-même relativement rapide bien qu'il soit réalisé en milieu non agité et que la solubilité dans l'eau de l'alumine soit très faible. Une explication de ce fait peut être donnée en admettant qu'il se produise dans la couche adsorbée et recouverte par l'eau liquide un glissement transversal des molécules d'alumine amorphe ayant fixé de l'eau, vers les centres actifs où s'amorcerait l'organisation cristalline de la bayerite, les surfaces dénudées étant de nouveau recouvertes et le phénomène s'accélérant avec le nombre des cristaux pouvant servir d'amorce, de façon à se manifester au microcalorimètre par une courbe en cloche.

Cette explication ne ferait pas intervenir la solubilité dans l'eau de l'alumine amorphe puisqu'il n'y aurait à aucun moment passage de molécules d'alumine dans la phase liquide. Toutefois, la présence d'un excès d'eau liquide paraît être, sinon nécessaire, du moins favorable. Ainsi D. Papée (5) a observé, dans ce cas et à la température de 25°C, l'apparition de la nouvelle phase cristalline

---

(4) *J. Phys. Chem.*, 56, 1952, p. 484-486-487-489.

Cet auteur avait opéré sur des alumines activées fabriquées couramment par l'Aluminum Company of American.

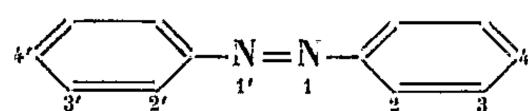
(5) *Thèse*, Paris, 1953, p. 52.

après un jour seulement au lieu de 25 jours en atmosphère saturée de vapeur d'eau. Une remarque analogue avait été faite antérieurement par Imelik (6).

Nous poursuivons l'étude de la thermocinétique de la rehydratation des produits de la décomposition thermique des divers hydrates d'alumine.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur l'azo-benzène et quelques dérivés disubstitués.* Note (*) de M. **Odilon Chalvet**, présentée par M. Louis de Broglie.

A l'aide de la méthode des orbitales moléculaires (1) nous avons calculé les niveaux énergétiques de l'azo-benzène et de quelques-uns de ses dérivés disubstitués en 4-4′ :



Pour caractériser l'azote, nous avons utilisé le supplément d'intégrale coulombienne $\alpha = 0,75\beta$.

Nous avons étudié le cas de deux types de substituants : les groupes dont un atome introduit deux électrons dans le système conjugué tel NH_2, F, Cl, Br, I, et le groupe méthyle.

Dans le premier cas, la différence d'électronégativité de l'atome intervenant dans le système conjugué par rapport à celle du carbone, est représentée par une différence Δ dans l'intégrale coulombienne qui varie de 0 à 2β.

Le groupe méthyle est introduit selon la technique de l'hyperconjugaison avec les paramètres suivants (2) :

α_C-$0,1\beta$ pour le carbone C_1 du cycle porteur du substituant;
α_C pour le carbone C_2 du méthyle;
α_C-$0,2\beta$ pour le pseudo-atome H_3;
$0,7\beta$ pour la liaison $C_1—C_2$;
$2,5\beta$ pour la liaison $C—H_3$.

(α_C étant l'intégrale coulombienne moyenne pour un carbone aromatique et β l'intégrale moyenne de résonnance pour une liaison aromatique).

Les niveaux énergétiques permettent le calcul direct des énergies relatives aux premières transitions $\pi — \pi$. Le tableau I résume les résultats obtenus.

---

(6) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1284.

(*) Séance du 27 octobre 1954.

(1) L. Pauling et G. W. Wheland, *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 2086.

(2) D'après Crawford, cité par A. Pullman et Metzger, *Bull. Soc. Chim. Fr.* (1948), p. 1023.

TABLEAU I.

Valeur de Δ caractérisant le substituant (en unités β).	Énergie de la première transition π — π (β).	Valeur de Δ caractérisant le substituant (en unités β).	Énergie de la première transition π — π (β).
0	0,3268	+2	0,7481
+0,5	0,4793	4.4′-diméthyl azobenzène	0,8252
+1	0,6142	Azobenzène	0,8551

Cet ensemble de résultats s'accorde bien avec le fait qu'un substituant peu électronégatif présente un effet bathochrome important et que cet effet diminue à mesure que son électronégativité augmente. P. P. Birnbaun, J. H. Linford et W. G. Style [3] ont mesuré l'énergie des transitions π — π du spectre d'absorption du *trans*-azo benzène et de quelques-uns de ses dérivés monosubstitués; ils ont trouvé 31 290 cm^{-1} pour l'azobenzène, 30 180 cm^{-1} pour le dérivé iodé, 30 410 cm^{-1} pour le dérivé bromé, 30 510 cm^{-1} pour le dérivé chloré, et 30 940 cm^{-1} pour le dérivé fluoré.

On voit que cette énergie croît au fur et à mesure que l'électronégativité du substituant augmente. La théorie rend bien compte de ce phénomène puisque la valeur calculée pour cette énergie croît avec le paramètre Δ représentant cette électronégativité.

Dans le cas du dérivé méthylé, les auteurs attribuent à la première transition π — π la valeur 30 000 cm^{-1}; les paramètres utilisés tiennent bien compte de l'effet bathochrome du méthyle.

Les niveaux énergétiques permettent également le calcul, selon la technique de Wheland [4], de la contribution des électrons π aux barrières de potentiel radicalaires et électrophiles au cours de réaction d'addition en un temps sur la liaison N — N, le tableau II résume les résultats.

TABLEAU II.

Valeur de Δ caractérisant le substituant (en unités β).	Contribution des orbitales π aux barrières de potentiel radicalaires (β).	Contribution des orbitales π aux barrières de potentiel électrophiles (β).
0	4,763	4,762
+0,5	4,621	4,896
+1	4,555	5,059
+2	4,506	5,261
4.4′-diméthyl azobenzène	4,468	5,400
Azobenzène	4,459	5,459

(3) *Trans. Faraday Soc.*, 49, 1953, p. 735.

(4) *Voir* à ce sujet : BROWN, *Australian J. Sc. Res.*, 2, 1949, p. 564; CHALVET, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1953.

On pourrait être tenté de comparer ces nombres avec les mesures des chaleurs d'activation réalisées par Badger ([5]) et concernant l'oxydation de ces composés par l'acide perbenzoïque.

Mais le mécanisme suggéré par l'auteur pour cette réaction n'est pas celui d'une addition à un temps.

CHIMIE CRISTALLOGRAPHIQUE. — *Structure cristalline du thioindigo.* Note de Mme **Hélène von Eller**, présentée par M. Paul Pascal.

Le thioindigo peut se présenter sous deux formes cristallines monocliniques de groupe spatial $P\,2_1/c$ où la molécule est en configuration *trans*. Celle dont la structure a été déterminée est caractérisée par la maille suivante :

$$a = 7{,}91\,\text{Å} \pm 0{,}03\,\text{Å},$$
$$b = 3{,}97\,\text{Å} \pm 0{,}02\,\text{Å},$$
$$c = 20{,}41\,\text{Å} \pm 0{,}02\,\text{Å},$$
$$\beta = 93°.$$

La structure a été résolue, en partie par la méthode de l'atome lourd, en partie par approximations successives. L'erreur sur les positions atomiques est évaluée, pour les atomes de soufre, de carbone et d'oxygène, respectivement, à 0,01, 0,04 et 0,03 Å. La plus grande part d'erreur provient de l'imprécision sur la coordonnée y parallèle au paramètre le plus court de la maille.

Les coordonnées sont les suivantes :

	$\frac{x}{a}$.	$\frac{y}{b}$.	$\frac{z}{c}$.
C_1	0,950	0,071	0,0214
C_2	0,0145	0,202	0,0895
C_3	0,870	0,346	0,1246
C_4	0,875	0,490	0,1870
C_5	0,732	0,593	0,2138
C_6	0,577	0,540	0,1752
C_7	0,568	0,415	0,1126
C_8	0,716	0,296	0,0870
S	0,729	0,138	0,0085
O	0,160	0,154	0,1080

La figure donne deux des projections de la maille effectuées parallèlement à b et a.

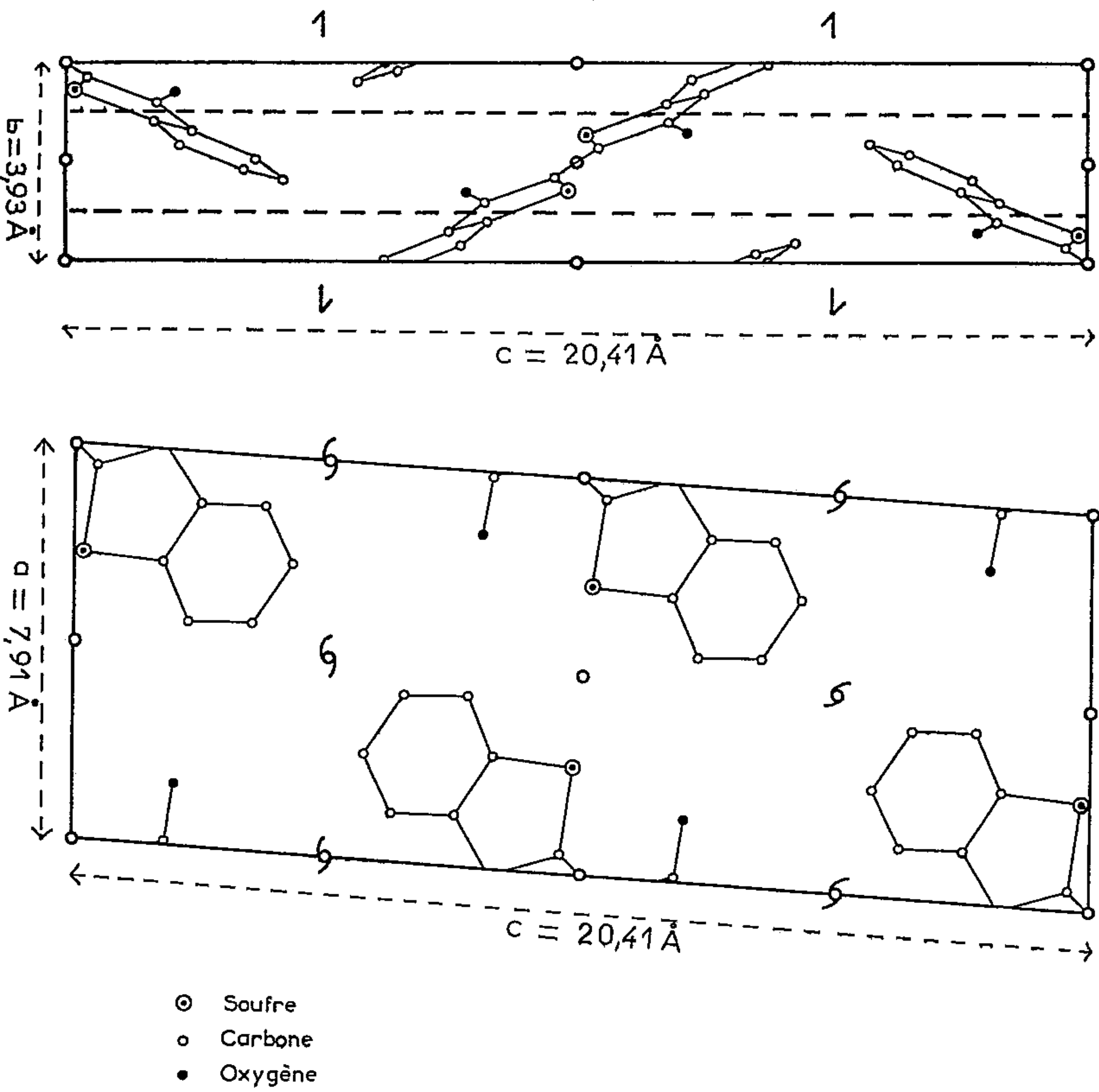
Les distances interatomiques et angles de valence dans la molécule, calculés à partir des coordonnées atomiques, sont les suivants :

([5]) G. M. Badger et G. E. Lewis, *J. Chem. Soc.*, juillet 1953, p. 2147-2150.

$C_1 - C'_1$	1,33 Å	$C_6 - C_7$	1,37 Å
$C_1 - C_2$	1,54	$C_7 - C_8$	1,38
$C_2 - C_3$	1,49	$C_8 - C_3$	1,42
$C_3 - C_4$	1,39	$C_8 - S$	1,72
$C_4 - C_5$	1,34	$S - C_1$	1,77
$C_5 - C_6$	1,43	$C_2 - O$	1,21

Angle $(C'_1C_1C_2)$	130°,1	Angle $(C_3C_4C_5)$	120°,9
» (C_2C_1S)	102,1	» $(C_4C_5C_6)$	116,4
» (C'_1C_1S)	125,4	» $(C_5C_6C_7)$	124,2
» $(C_1C_2C_3)$	109,8	» $(C_6C_7C_8)$	118,4
» (C_1C_2O)	118,9	» (C_7C_8S)	124,5
» (C_3C_2O)	131	» $(C_7C_8C_3)$	117,7
» $(C_2C_3C_8)$	110,1	» (C_3C_8S)	117,3
» $(C_2C_3C_4)$	127,7	» (C_8SC_1)	91,5
» $(C_4C_3C_8)$	122		

Le plan moyen passant par les atomes de carbone d'une même moitié de molécule passe par l'origine. Les atomes de soufre et d'oxygène s'écartent de 0,11 et 0,18 Å de ce plan.



L'oxygène est à 2,82 Å de l'atome de soufre qui lui fait face dans la même molécule, distance très inférieure à la somme des rayons de van der Waals

des deux atomes (3,25 Å). Il n'y aurait pas d'autre atome de soufre dans le proche voisinage de cet atome d'oxygène.

D'après ces résultats, le thioindigo, semble-t-il, bien que possédant de grandes analogies avec l'indigo (¹) et le sélénoindigo (²), se comporte d'une façon assez différente dans l'état cristallin.

CHIMIE DES COMPLEXES. — *Sur l'acide germanimandélique.* Note de Mlle **Ophélie Vartapétian**, présentée par M. Paul Pascal.

En présence d'oxyde de germanium, le pH des solutions aqueuses de nombreux hydroxyacides organiques 1-2 est fortement diminué. L'acide tartrique a déjà fait, à ce point de vue, l'objet d'une publication (¹). Ce phénomène peut être attribué à la formation d'hétéropolyacides plus forts que les constituants.

Les monoacides-α monoalcools, glycolique et mandélique, sont ainsi susceptibles de se combiner à l'oxyde de germanium pour donner des complexes acides, de stabilités différentes en solution.

L'acide mandélique $C_6H_5—CHOH—COOH$ dérive de l'acide glycolique par substitution d'un noyau benzénique en α de la fonction carboxyle, et il m'a paru intéressant de déterminer l'influence de cette substitution sur la stabilité des complexes formés avec GeO_2.

J'ai abordé l'étude du composé germanimandélique par des méthodes physico-chimiques. L'acide-alcool dont on dispose est inactif sur la lumière polarisée. L'absorption dans l'ultraviolet des solutions d'acide-alcool ne subit que de très faibles modifications en présence de GeO_2. En outre, on a constaté que ces solutions évoluent avec le temps et deviennent de plus en plus absorbantes. On a donc écarté l'emploi des méthodes optiques pour l'identification en solution du complexe. Par contre, on observe, en présence d'oxyde de germanium, un accroissement notable de la conductibilité électrique et de l'activité des ions H^+, dans les solutions d'acide mandélique. L'application de la méthode des variations continues (²) à ces deux propriétés des mélanges : oxyde de germanium-acide mandélique, a permis d'identifier le composé en solution. On a vérifié, au préalable, que ces propriétés sont sensiblement additives par rapport aux constituants simples.

Les courbes de la conductibilité électrique des mélanges équimoléculaires (0,0111 M; 0,0232; 0,0445; 0,0465 M) en fonction de leur composition,

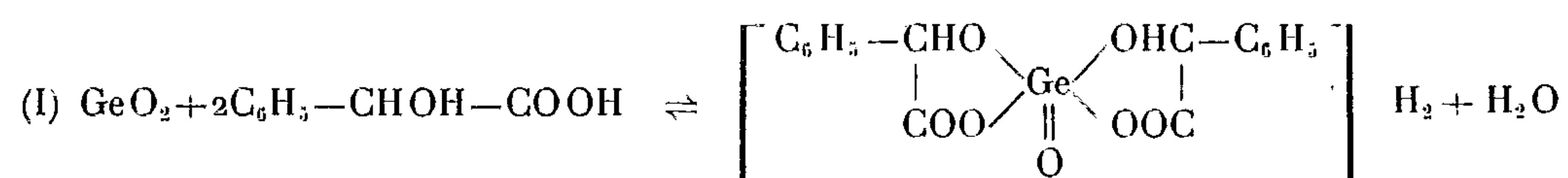
---

(¹) H. von Eller, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 975.
(²) H. von Eller, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1043.

(¹) O. Vartapétian et A. Tchakirian, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 81.
(²) P. Job, *Ann. Chim.*, 9-10, 1928, p. 113.

présentent un maximum assez accentué pour une proportion de 66 % en acide mandélique, quelle que soit la concentration commune des deux corps purs. Si l'on considère l'activité des ions H^+ dans les mélanges, soit en solution aqueuse pure, soit dans NaCl(M) à force ionique sensiblement constante, on obtient les mêmes résultats. L'acidité est maximum pour les mélanges à 66 % d'acide mandélique. L'hétéropolyacide est donc constitué par union d'une molécule d'oxyde de germanium et de deux molécules d'acide-alcool. On a trouvé par ailleurs, une composition identique pour l'acide germaniglycolique (non encore publié).

La réaction de formation du complexe mandélique peut se formuler de la manière suivante :



dans lequel le germanium aurait la coordinence 6.

L'acide germanimandélique, par la présence probable dans l'anion complexe de deux cycles unis à l'atome métallique, fait partie de la classe des composés chélatés, doués en général d'une grande stabilité.

La constante d'équilibre de la réaction (I) peut être calculée par la méthode de P. Sakellaridis ([3]). Celle-ci utilise une région quelconque de la courbe : $I = f(z) = f[z(x)]$, I étant une propriété additive des mélanges étudiés et z la concentration du complexe dans un mélange de composition $x (0 < x < 1)$. Pour deux points de même ordonnée de la courbe des écarts à la loi des mélanges, et qui correspondent à deux solutions de composition x et x', z prend la même valeur.

Si Γ est la concentration commune des solutions de GeO_2 et d'acide-alcool on a, dans le cas présent :

$$z = \frac{\Gamma\left(x + x' - \frac{1}{2}\right)^2 - \left(\frac{1}{4} + xx'\right)}{3(x + x') - 4} \quad \text{et} \quad K = \frac{[\Gamma(1 - x) - z][\Gamma x - 2z]^2}{z}.$$

Le tableau ci-dessous résume les résultats de quelques expériences effectuées dans NaCl (M), où Γ a varié de (0,0111 M) à (0,0465 M). La propriété utilisée et qui semble donner les résultats les plus précis est l'activité des ions H^+.

Γ.	x.	x'.	z.	K.
0,0465 M........	0,583	0,783	$1,44.10^{-2}$	$9 .10^{-7}$
0,0111 M........	0,5	0,766	$2,56.10^{-3}$	$2,26.10^{-7}$
0,0232 M........	0,570	0,791	$6,02.10^{-3}$	$9 .10^{-7}$
0,0111 M........	0,375	0,833	$1,8 .10^{-3}$	$9,2 .10^{-7}$

([3]) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2500.

Les valeurs obtenues pour K sont assez concordantes, et la constante d'instabilité du complexe chélaté peut être évaluée en moyenne à 7.10^{-7}. Pour l'anion germaniglycolique, la même méthode donne une constante d'environ 3.10^{-5}. La présence d'un noyau aromatique dans l'agent complexant renforce donc considérablement la stabilité du composé de germanium et d'acide-alcool.

Le composé mandélique identifié en solution a été isolé à l'état cristallisé. On fait dissoudre dans le moins d'eau possible GeO_2 et l'acide mandélique dans les proportions exigées par la formule (deux molécules d'acide-alcool pour une molécule d'oxyde). On évapore sous vide sec. Bientôt des cristaux blancs se déposent sur les parois et surnagent à la surface du liquide. Les cristaux recueillis sont séchés à poids constant à 100°C.

Le germanium est dosé sous forme de bioxyde, par calcination du produit au four à chauffage progressif jusqu'à 850°C. Le rapport expérimentalement obtenu, du poids d'oxyde au poids total du produit, est exactement égal au rapport calculé d'après la formule du composé en solution [réaction (I)]. Le diagramme de poudre aux rayons X, du produit isolé présente de nouvelles raies par rapport aux diagrammes des constituants pris séparément, et semble correspondre à un composé bien défini.

CHIMIE MINÉRALE. — *Réduction du bioxyde de titane par les siliciures de calcium. Préparation des siliciures de titane.* Note de MM. **William Freundlich, André Chrétien** et **Michel Bichara**, présentée par M. Louis Hackspill.

Utilisation des siliciures de calcium comme réducteurs d'oxydes métalliques pour préparer des alliages du silicium. Application au bioxyde de titane; préparation des siliciures Ti_5Si_3 et $TiSi_2$. Les siliciures de calcium se différencient pour la réduction de TiO_2 de la même manière que par fixation d'oxygène libre.

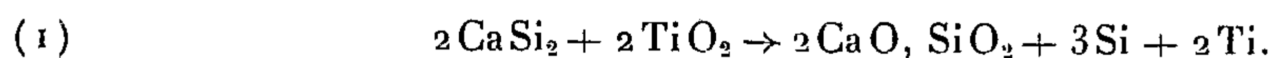
Nous avons montré que l'oxydation par l'oxygène libre des siliciures de calcium aboutit au silicate bicalcique $2CaO, SiO_2$ et silicium libre ([1]). La présence de silicium s'ajoutant au caractère réducteur des siliciures de calcium a un intérêt particulier pour la préparation d'alliages du silicium à partir d'oxydes. Cette Note en donne un exemple pour la préparation de binaires définis titane-silicium à partir de l'oxyde TiO_2.

Le mélange des constituants mis en œuvre, rendu homogène et comprimé en pastilles, est chauffé dans une nacelle en alumine frittée, à l'intérieur d'un tube en alumine. Le produit de la réaction est identifié, après refroidissement, par examen radiocristallographique en utilisant le montage Seeman-Bohlin par transmission avec monochromateur. Chauffe et refroidissement sont faits sous pression réduite à 10^{-3} mm Hg.

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1045.

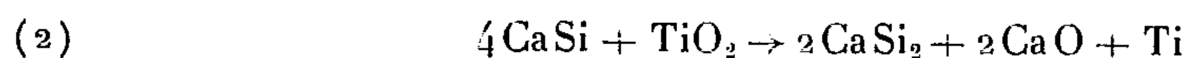
L'état final dépend essentiellement du siliciure utilisé, du rapport siliciure/TiO_2, et de la température. La différenciation entre $CaSi_2$, $CaSi$ et Ca_2Si, rencontrée pour la fixation de l'oxygène libre se retrouve ici :

— $CaSi_2$ réduit TiO_2 directement suivant la réaction :

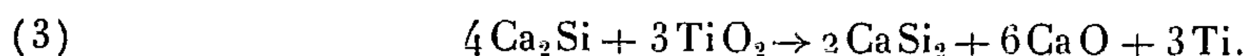


$$(1) \qquad 2CaSi_2 + 2TiO_2 \rightarrow 2CaO, SiO_2 + 3Si + 2Ti.$$

— $CaSi$ et Ca_2Si réduisent TiO_2 en deux stades, et $CaSi_2$ sert d'intermédiaire, ici encore :



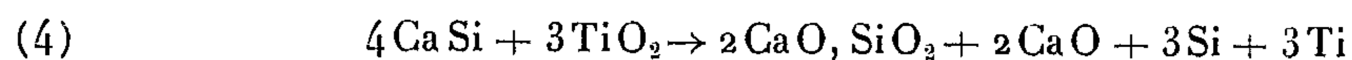
$$(2) \qquad 4CaSi + TiO_2 \rightarrow 2CaSi_2 + 2CaO + Ti$$



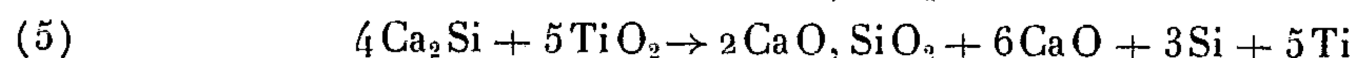
$$(3) \qquad 4Ca_2Si + 3TiO_2 \rightarrow 2CaSi_2 + 6CaO + 3Ti.$$

Ces deux réactions ont lieu au-dessous de 700° ; au-delà, $CaSi_2$ formé réduit TiO_2 suivant la réaction (I). $CaSi_2$ n'est donc pas plus stable en présence de TiO_2 que dans l'oxygène si la température est suffisamment élevée.

Ainsi, avec $CaSi_2$, le titane et le silicium coexistent toujours, libres ou mutuellement liés. Avec les deux autres siliciures de calcium, le titane peut être libéré seul ; c'est le cas si $CaSi_2$ formé se trouve en présence d'une quantité insuffisante de TiO_2 pour l'utiliser, ou si la température est laissée trop basse. Il en est ainsi lorsque le rapport moléculaire siliciure/TiO_2 atteint 4 ou le dépasse pour $CaSi$, ou lorsqu'il dépasse ou égale 4/3 pour Ca_2Si. Dans le cas contraire, le silicium coexiste avec le titane, libres ou liés, à condition toutefois que la température dépasse 800°. La totalité du siliciure $CaSi_2$ est utilisée si ce rapport atteint 4/3 avec $CaSi$, et 4/5 avec Ca_2Si. Les réactions globales respectives sont :



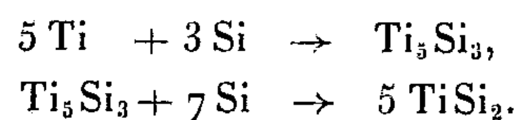
$$(4) \qquad 4CaSi + 3TiO_2 \rightarrow 2CaO, SiO_2 + 2CaO + 3Si + 3Ti$$



$$(5) \qquad 4Ca_2Si + 5TiO_2 \rightarrow 2CaO, SiO_2 + 6CaO + 3Si + 5Ti$$

La réduction de TiO_2 par les siliciures de calcium donne finalement silicium et titane. Pour 3 at. Si on obtient respectivement 2, 3 ou 5 at. Ti, suivant que la réduction de TiO_2 est faite par $CaSi_2$, $CaSi$, ou Ca_2Si.

Silicium et titane s'unissent pour donner deux binaires : Ti_5Si_3 et $TiSi_2$, dont la formation dépend du rapport atomique Ti/Si et de la température. Ti_5Si_3 se forme directement. $TiSi_2$ en résulte, par action d'un excès de silicium :



$$5Ti + 3Si \rightarrow Ti_5Si_3,$$
$$Ti_5Si_3 + 7Si \rightarrow 5TiSi_2.$$

La chaux et le silicate bicalcique qui accompagnent ces siliciures sont éliminés facilement ; il suffit de traiter le produit par de l'acide acétique 50 % à 20°. Si l'on observe les conditions de température et composition des mélanges, précisées ci-dessus, chacun des deux siliciures de titane est obtenu avec un rendement quantitatif. Notre méthode apparaît ainsi comme excellente pour la préparation des binaires métalliques définis.

$TiSi_2$ était bien connu. Ti_5Si_3 a été signalé récemment (²), préparé par union directe des corps simples mis en jeu comme tels. Nous attribuons à ce dernier les données cristallographiques suivantes : maille hexagonale, de paramètres :

$$a = 7{,}40, \quad c = 5{,}14\ \text{Å}, \quad \frac{c}{a} = 0{,}69$$

hkl.	*d* (exp.) (Å).	I.	*hkl.*	*d.*	I.
110	3,69	f	202	1,99	f
200	3,19	f	221	1,74	f
111	2,99	f	311	1,68	f
201	2,69	f	400	1,60	f
002	2,57	m	113	1,55	f
210	2,42	F	222	1,50	m
102	2,38	f	321	1,41	f
211	2,19	TF	410	1,40	F
300	2,13	m	402	1,36	m
112	2,10	F	004	1,28	m

GÉOGRAPHIE. — *Sur la morphologie de la partie centrale de l'Anse de l'Aiguillon et sur ses rapports avec les modes d'écoulement.* Note de M. FERNAND VERGER, présentée par M. Charles Jacob.

Existence de mégarides longitudinales dans la vase. Ces mégarides sont en rapport avec les modes d'écoulement en nappe pendant la haute mer, tandis que les chenaux sont en rapport avec l'écoulement concentré pendant la basse mer.

Le domaine central de l'Anse de l'Aiguillon, dont nous avons déjà indiqué (¹) l'originalité morphologique, est caractérisé par la grande densité des chenaux de marée, par leur fine hiérarchisation et la présence de mégarides à la surface des vases.

Entre les chenaux, la surface des vasières — ou slikkes — est ondulée par des mégarides longitudinales (²), symétriques, de plusieurs mètres de longueur d'onde. La direction de ces mégarides, divergentes par rapport à l'entrée de l'Anse, correspond à celle du courant dans la nappe d'eau qui recouvre les slikkes, à la fin du flot comme au début du jusant. Fréquemment un petit sillon d'érosion s'établit dans la partie basse des rides.

De grands chenaux, ayant leur naissance en dehors du domaine central, traversent celui-ci et convergent vers le centre de l'Anse. Ces grands chenaux sont souvent bordés de levées atteignant exceptionnellement 500 m de largeur,

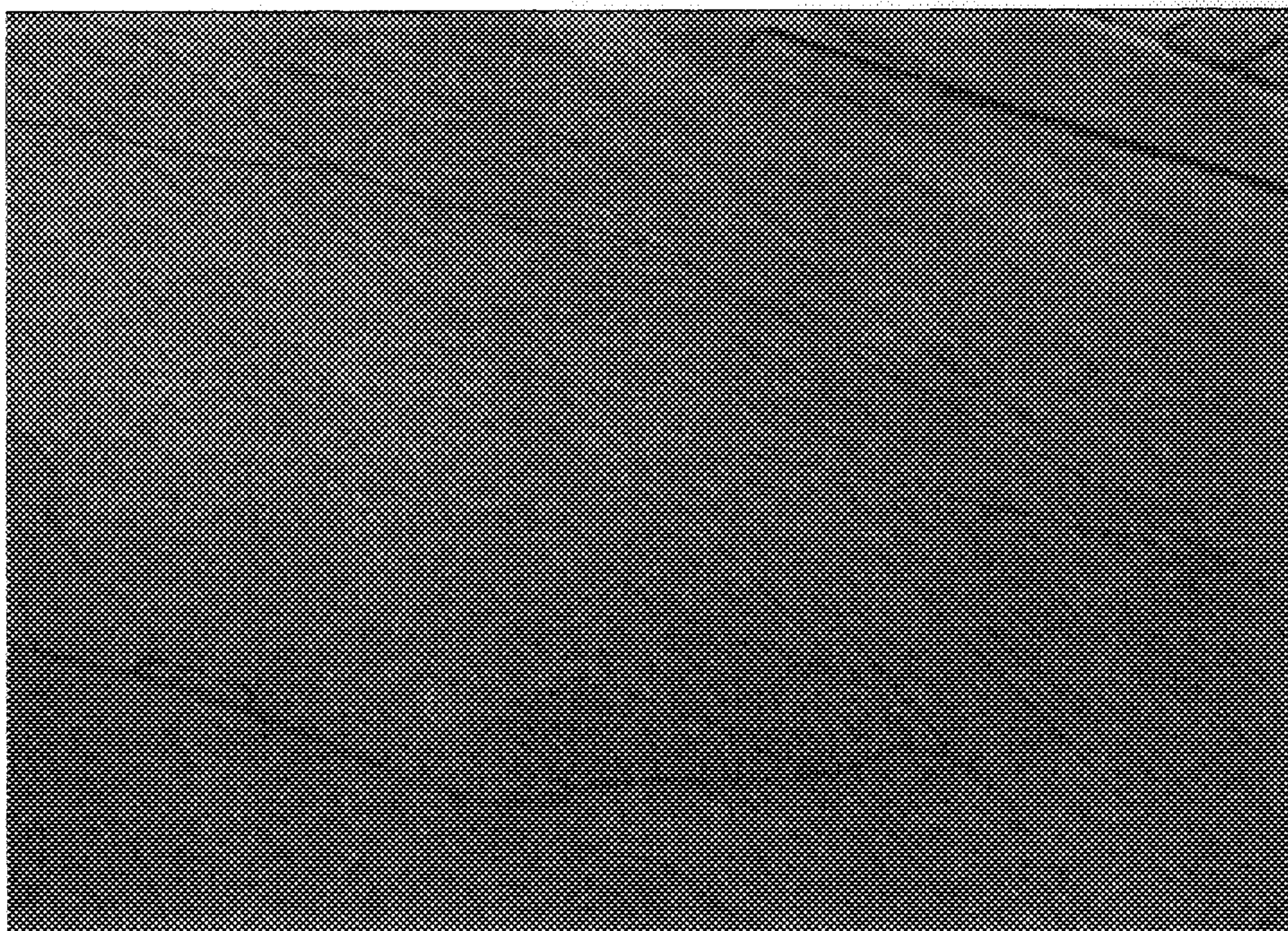
(²) PIETROKOWSKY, *J. Metals*, 3, n° 9, trans., 1951, p. 772-773.

(¹) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2248.

(²) *Cf.* L. M. J. U. VAN STRAATEN, *Géologie en Mijnbouw*, janvier 1953, p. 1-11.

comme sur la rive Sud de la Rivière de Marans. Ils se déplacent parfois latéralement et, dans ce cas, une ride est érodée, tandis que l'autre s'accroît par sédimentation latérale. La première, formée de vase dure, est plus haute que la seconde, car la sédimentation verticale, constante sur les slikkes, a pu se produire pendant plus longtemps sur la première que sur la seconde, celle-ci étant d'édification plus récente. Les grands chenaux reçoivent une série d'affluents et de sous-affluents sub-parallèles. Ce réseau de chenaux principaux, d'affluents et de sous-affluents est surtout en rapport avec l'écoulement concentré pendant la fin du jusant et le début du flot.

Ainsi, deux modes d'écoulement — écoulement en nappe et écoulement concentré — ont donné naissance à deux familles de formes.



Dans la partie en creux des mégarides, de petits sillons se sont établis. Leur direction recoupe celle des chenaux. Vue vers le Nord-Nord-Est, prise au Sud du Chenal de la Raque. [Les pieux que l'on voit dans l'angle supérieur droit ont environ 1 m de hauteur]. *Photographie aérienne de l'auteur.*

On peut, en effet, observer la succession suivante de mouvements de l'eau :

1° Au début du flot, l'eau monte dans les chenaux principaux à partir de l'aval, puis dans les affluents.

2° La nappe d'eau, ensuite, partant de l'ouverture de l'Anse progresse sur les slikkes, en évitant les levées, au moins au début. Malgré la plus grande rapidité du courant dans les chenaux que sur les slikkes, la montée du niveau de l'eau est en général plus rapide sur celles-ci que dans les chenaux. De cette

manière, l'eau de la nappe peut se déverser à un certain moment du flot, dans les chenaux, par des ravins.

3° L'eau, enfin, recouvre tout; l'écoulement se fait surtout en nappe. Les chenaux sont alors des régions de turbulence.

4° Au jusant, l'eau s'écoule d'abord en nappe, ensuite par les chenaux. L'eau des slikkes se concentre dans les petits sillons creusés par le ruissellement dans la partie en creux des mégarides. La direction de ces dernières recoupe en général celle des chenaux qui collectent des séries entières de petits sillons parallèles dont certains parfois deviennent eux-mêmes, en se développant, de véritables chenaux.

Ainsi, c'est peut-être l'existence des mégarides qui, provoquant un début de concentration du drainage, est à l'origine du grand chevelu des chenaux qui n'existe que dans le domaine central de l'Anse. En effet, en dehors de celui-ci, sur les hautes slikkes, la lame d'eau ne semble jamais être assez épaisse pour permettre la formation de mégarides longitudinales régulières.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution géologique de l'Ennedi (Sahara oriental).* Note de M. **Marius Dalloni**, présentée par M. Charles Jacob.

On n'avait, jusqu'ici, quelques données sur la géologie du massif saharien de l'Ennedi que grâce à l'exploration du Général Tilho, qui a dressé la première carte de ces régions et les a sommairement décrites avec la collaboration de A. Lacroix ([1]), aux matériaux recueillis par le Commandant Carrier lors de la délimitation de l'Afrique équatoriale française et du Soudan anglo-égyptien, étudiés en 1925 par Denaeyer et Fritel, enfin, plus récemment, à une randonnée au Mourdi de K. S. Sandford ([2]). On y connaissait ainsi l'existence des grès siluriens à *Harlania*, prolongeant ceux du Borkou et du Tibesti, considérés comme situés à la base des terrains primaires, ainsi que des empreintes de plantes du Carboniférien inférieur, recouvert par le « Continental intercalaire ».

Une mission de l'Institut de recherches sahariennes de l'Université d'Alger m'a permis de parcourir en 1953 une assez grande partie du massif, encore inexplorée. Dans l'ensemble, celui-ci est constitué par une puissante série d'assises presque entièrement gréseuses, d'allure tabulaire. La base, reposant sur le socle cristallin arasé, qui pénètre dans les profondes vallées du versant Sud et s'étend largement à l'Ouest, comprend des arkoses, des grès grossiers à dragées quartzeuses, puis des dalles de grès dur; il s'y intercale, sur les hauts plateaux séparant Dioukkema

([1]) *Comptes rendus*, 168, 1919, p. 1169.

([2]) *Quart. Journ. of the Geolog. Society of London*, 91, 1935.

de l'Ouadi Sagoni, des lentilles d'hématite où l'on reconnaît la structure lamellaire et contournée des *Collenia* : c'est, sans doute, l'équivalent stratigraphique des grès à *Conophyton*, que j'ai découverts en 1945 entre le Tibesti et le Kaouar, c'est-à-dire du Cambrien ([3]).

Les couches qui viennent ensuite, en continuité évidente de sédimentation, sont souvent blanchâtres, peu cimentées, ou recouvertes d'une patine fauve, riches en mica détritique, parfois durs, fortement diaclasés. Sur le plateau de Telaki, entre Archei et Fada, j'ai recueilli dans les grès friables de nombreuses columnales de *Platycrinitidæ*, probablement du genre *Pleurocrinus*. Au-dessus, les strates où abondent les *Harlania* contiennent d'autres organismes problématiques, *Cruziana*, *Spirophyton*, etc.

Ce Silurien de l'Ennedi, loin d'être rigoureusement horizontal, est parfois affecté, comme en des régions voisines d'un pendage accusé, sur le pourtour de la plaine de Dougouro-Gouani, par exemple, en nette discordance avec les assises qui le surmontent et dans lesquelles je n'ai pu trouver trace de fossiles. Ces grès en bancs peu épais, bien stratifiés, doivent représenter le Dévonien, que K. S. Sandford a cru reconnaître aussi au Nord du massif, sans pouvoir le caractériser paléontologiquement, dans des schistes, des grès et des calcaires transgressifs et discordants sur la série précédente. La réalité des mouvements calédoniens dans le Sahara oriental serait ainsi confirmée.

Le Carboniférien paraît former les sommets du massif, qui ne dépassent pas 1500 m et une bonne partie des plateaux qui s'étagent en gradins sur les deux versants. Ce sont toujours des grès, à ciment siliceux ou ferrugineux, blancs, noirs ou rougeâtres où j'ai pu observer, non seulement aux confins du Darfour, mais dans l'Ouest de l'Ennedi, des empreintes de plantes du Dinantien inférieur : *Archæocalamites* sp., *Cyclostigma kiltorkense*, *Archæosigillaria* cf. *vanuxemi*, *Knorria*, *Sphenopteris stangeri* ? C'est la flore du Kaouar, décrite par M. Corsin ([4]). Ailleurs, dans des psammites rouges, ce sont de véritables lumachelles de grands *Spirophyton*.

Mais, dans les escarpements qui dominent l'Ouadi Dougouro, des grès quartziteux, très blancs dans la cassure, à empreintes de Céphalopodes, indiquent la présence de formations marines dans ce Carboniférien; elles n'étaient pas connues à l'Est du Kaouar, où je les ai rencontrées, en 1945, non loin des couches à plantes de Défirou.

Les premiers contreforts de l'Erdi-Ma, qui disparaît plus au Nord sous les dunes du Désert libyque, m'ont donné, dans des grès et marnes

([3]) *Travaux de l'Institut de recherches sahariennes* (Mission scientifique du Fezzan), 1948.

([4]) *Archives du Muséum national d'Histoire naturelle* (6), 11, 1934.

bariolés, beaucoup de bois silicifiés d'une remarquable conservation, dont M. Boureau a commencé l'étude; ce complexe continental est certainement crétacé.

Entre l'Ennedi et l'Erdi-Ma, la dépression du Mourdi, envahie par les dunes, où les fulgurites ne sont pas très rares, présente, dans le fond de quelques cuvettes, un « banco » très sableux à coquilles de Mollusques d'eau douce. Des coulées éparses de roches basaltiques, sur le versant Sud du massif, révèlent des éruptions volcaniques récentes dont l'origine reste à déterminer.

PALYNOLOGIE. — *Observation de quelques cas d'entomophilie chez des Graminées tropicales.* Note de M. **Paul Jaeger**, présentée par M. René Souèges.

Chez diverses Graminées tropicales, spontanées ou cultivées, le pollen est collecté d'une façon assidue par des Hyménoptères. Le mode de pollinisation de ces plantes est cependant typiquement anémogame. A certaines époques de l'année, pauvres en fleurs (saison pluvieuse), l'Insecte prend le pollen là où il le trouve quelle que soit la spécialisation, anémogame ou entomogame, de la fleur.

L'adaptation des Graminées à la pollinisation anémogame semble évidente. Aussi peut-il paraître étonnant de rencontrer sur leurs fleurs des Insectes tels que des Hyménoptères qu'on sait cependant remarquablement outillés pour la pollinisation entomogame. Or, nous avons effectivement observé de ces Insectes sur les fleurs de diverses Graminées tropicales, cultivées ou spontanées, telles que : *Sorghum vulgare* Brot. (Sorgho, Gros Mil); *Pennisetum typhoideum* Rich. (Petit Mil); *Zea Mays* L. (Maïs); *Cymbopogon giganteus* Chiov. (Beignefalla); *Andropogon Gayanus* Kurth.; *Ctenium elegans* Kurth.; *Setaria Chevalieri* Stapf.

Les observations sur le *Sorghum* et le *Pennisetum* furent effectuées en septembre-octobre 1943, 1951, 1952 et 1954 dans les champs du village de Fodébougou au pied de la falaise sud-ouest du massif de Kita (Soudan Occidental). Dès la pointe du jour, avant même le lever du soleil, les fleurs du Sorgho sont visitées par une foule d'Abeilles (*Apis mellifica* L.) empressées de s'emparer du pollen des anthères fraîchement épanouies et déhiscentes. Ce phénomène s'accompagne d'un bourdonnement intense qui ne dure guère plus de 15 à 20 mn; en effet, dès le lever du soleil, les Insectes, chargés de leur butin, se retirent un à un pour le reste de la journée et le phénomène ne reprend que le lendemain matin à la même heure. Chez le Petit Mil, comme chez le Sorgho, le phénomène débute à la première heure, on perçoit le même bourdonnement caractéristique et parfois même les Abeilles constituent, au niveau des inflorescences, de véritables amas grouillants. L'examen microscopique montre qu'il y a identité entre les grains de pollen du *P. typhoideum* et ceux que les Insectes entassent dans

leur appareil collecteur. Ces observations, menées de front pendant plusieurs jours consécutifs, et aboutissant, à plus de dix ans d'intervalle, à un résultat identique, nous autorisent de dire que, dans cette partie du Soudan, la visite des fleurs du Sorgho et du Petit Mil par l'*A. mellifica* doit être considérée comme un phénomène constant.

Pour ce qui est des autres Graminées citées plus haut, les observations, enregistrées pour la plupart dans la région de Kita, sont loin de présenter la même continuité. Ainsi, au début d'une matinée de septembre nous avons observé sur un bowal des Abeilles en train de ramasser le pollen des anthères de *Ctenium elegans*; au cours d'une après-midi d'août, ces mêmes Insectes étaient affairés autour des étamines du Maïs. Un matin de décembre vers 8 h l'*A. mellifica* a été remarquée sur les fleurs du Beignefalla. Vers la mi-novembre, de grand matin, un peuplement d'*Andropogon Gayanus* était l'objet d'une visite assidue de la part de ces mêmes Hyménoptères, qui, nombreux et en faisant entendre le bourdonnement habituel, enlevaient le pollen de la Graminée. Citons enfin le cas du *Setaria Chevalieri* dont le pollen est collecté par un Apidé; cette dernière observation fut faite en commun avec B. Küllenberg et R. Schnell au début d'août vers midi sur les bords d'une route forestière à proximité de Guiglo (Côte-d'Ivoire).

Dans les cas envisagés l'Hyménoptère favorise-t-il la pollinisation croisée ? Les Graminées sont souvent dichogames; mais comme la fleur protogyne du *P. typhoideum* n'est visitée que quand elle est parvenue au stade mâle et que l'ébranlement produit par le contact insecte-anthère est minime, il y a peu de chances qu'il puisse y avoir transport de pollen d'une fleur vers une autre se trouvant au stade femelle. Chez les espèces étudiées la pollinisation est essentiellement anémogame; il y a *entomophilie* et non *entomogamie*.

Cette entomophilie des Graminées s'explique à notre avis par le fait que ces plantes vivent sous les tropiques, dans des régions pauvres en fleurs et l'Abeille, devant la nécessité de nourrir ses larves, prend le pollen là où elle le trouve sans se soucier de la spécialisation de l'appareil floral. Il arrive même que l'Insecte s'adresse à des substances pulvérulentes autres que le pollen : ainsi, au marché de Séguéla (Côte d'Ivoire) avons-nous remarqué des Abeilles ramasser, d'une façon assidue, de la farine de Manioc.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Inversion de polarité dans le bourgeonnement de* Salmacina incrustans (*Clap.*) Note de M. **Jean Cresp**, présentée par M. Louis Fage.

Le bourgeonnement de *Salmacina incrustans* peut être observé sur des animaux dépouillés de leur tube et placés dans de petits cristallisoirs maintenus à la température du laboratoire (23° en moyenne). Dans ces conditions, au cours d'observations prolongées dépassant 40 jours, j'ai pu constater la formation de trois bourgeons successifs aux dépens de

l'abdomen d'un individu initial. La première manifestation du bourgeonnement consiste toujours en l'apparition d'une paire d'ébauches branchiales (*b*) sur la face dorsale de la région antérieure de l'abdomen. La portion du corps de l'individu située en arrière de ces ébauches branchiales évoluera pour donner un individu complet tandis que la souche reconstituera un pygidium et une zone de prolifération de segments qui entrera en fonctionnement avant même le détachement du bourgeon. La différenciation d'une paire d'ébauches branchiales peut se reproduire ensuite à un niveau plus antérieur de la région abdominale de la souche et engendrer un deuxième, puis un troisième bourgeon.

L'apparition des ébauches branchiales du deuxième bourgeon peut s'effectuer selon trois modalités chronologiques différentes :

1° Dans la majorité des cas, ces ébauches apparaissent deux ou trois jours après le *détachement* du bourgeon précédent.

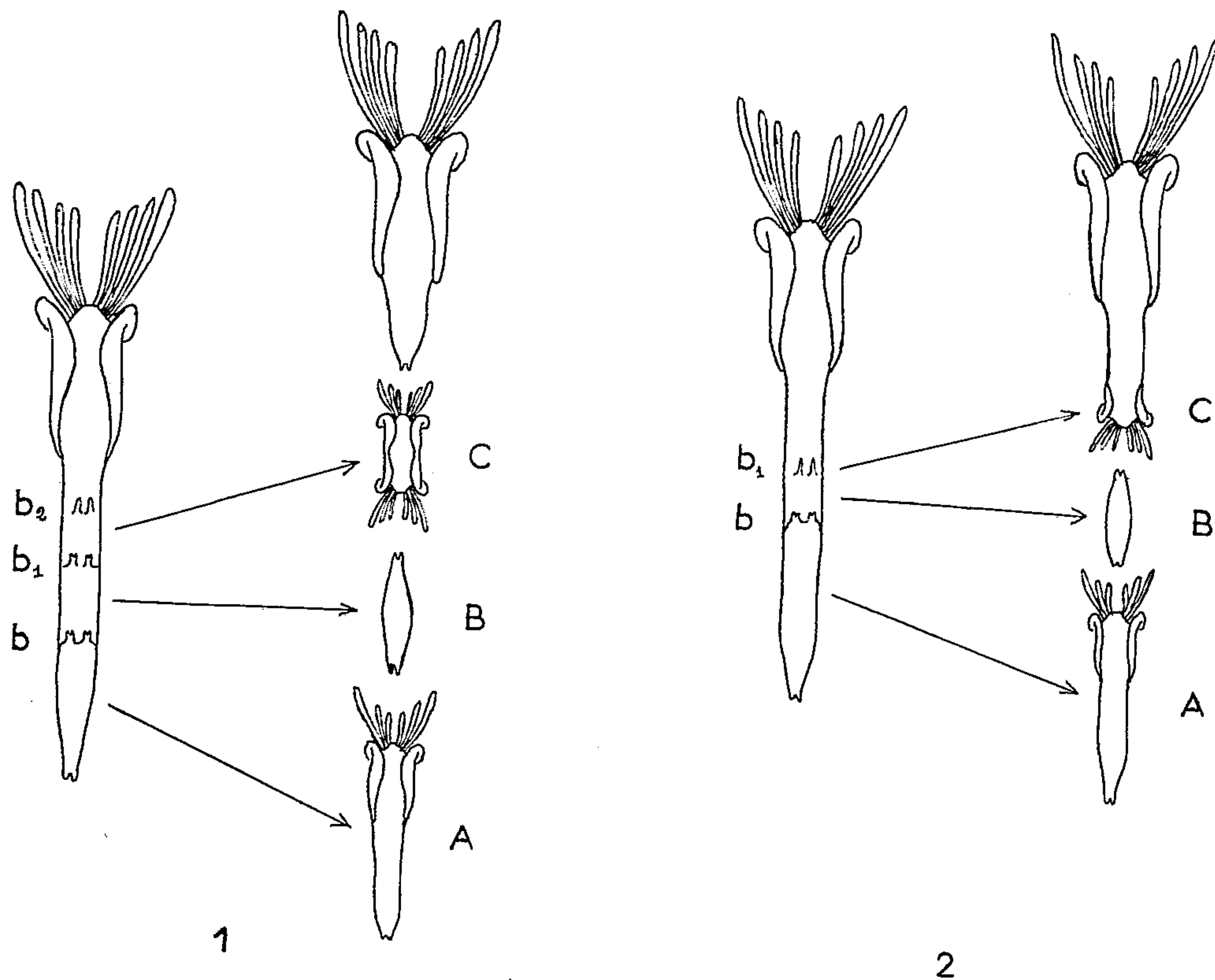
2° Dans quelques cas, les ébauches du second bourgeon se manifestent avant le détachement du premier. L'évolution physiologique particulière conduisant à la subdivision de la souche et à la formation d'un second bourgeon n'est donc pas déclenchée par le détachement du premier. Elle a débuté avant ce détachement. Si l'on considère les phénomènes de bourgeonnement comme dus à la rupture d'un système métabolique axial d'intégration et à la régulation ultérieure de ses deux fragments, il est vraisemblable que, dès l'indication du premier bourgeon par la différenciation de ses ébauches branchiales, la souche se trouve physiologiquement isolée et commence, dès ce moment, à évoluer vers une nouvelle subdivision.

3° Dans certains cas exceptionnels, deux à trois jours après la différenciation des ébauches branchiales du premier bourgeon, on peut voir apparaître un nouveau groupe d'ébauches branchiales séparées des précédentes par deux à six segments au maximum. Dans ce processus accéléré, deux modalités peuvent alors se présenter :

a. Ces nouvelles ébauches branchiales forment deux groupes séparés par deux ou trois segments (*fig.* 1, b_1, b_2). La plus postérieure de ces ébauches montre bientôt une inversion de sa polarité et l'ensemble se présente alors comme deux têtes opposées dont chacune a donné naissance, par épimorphose, à une couronne branchiale normale et à deux segments thoraciques (*fig.* 1, C). Les segments abdominaux primitifs séparant ces deux têtes se sont transformés en segments thoraciques par morphallaxie. La portion du corps située entre la tête inversée et le premier bourgeon peut évoluer en donnant un fragment à deux queues opposées (*fig.* 1, B).

b. Le nouveau groupe d'ébauches branchiales apparaissant en avant du premier bourgeon est simple (*fig.* 2, b_1). Sa polarité se trouve inversée et une morphallaxie, portant sur trois ou quatre segments, progresse sur la souche d'arrière en avant, c'est-à-dire en sens inverse de la morphallaxie

normale (*fig.* 2, C). Le fragment court, séparant le bourgeon inversé du bourgeon normal, peut, comme dans le cas précédent, évoluer en donnant un fragment à deux queues opposées (*fig.* 2, B).



Ces formations exceptionnelles ne s'observent que dans le cas d'une forte accélération dans le processus de rupture du système physiologique d'intégration qui caractérise le bourgeonnement.

L'inversion de la polarité, dans les têtes bourgeonnées, apparaît liée à la proximité et à la quasi-simultanéité de l'évolution des différents bourgeons apparus. Il est vraisemblable qu'elle résulte d'une interaction secondaire entre les ébauches voisines et simultanées. Les relations de symétrie entre les bourgeons voisins sont analogues à celles que l'on observe entre les composants des formations multiples.

Ces inversions de polarité rappellent les phénomènes d'*hétéromorphose polaire* observés dans la régénération de fragments courts d'Annélides, notamment dans le groupe des Sabelles proche des Serpulides, chez *Myxicola æsthetica* (Clap.) [1]. L'étroite parenté qui existe entre les processus

(1) M. Abeloos, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2259.

de la régénération et ceux du bourgeonnement se retrouverait dans la production des formations anormales.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Effet protecteur de greffes bréphoplastiques d'os à moelle contre l'action des rayons* X *chez la Souris.* Note de MM. **Raoul-Michel May** et **Noubar Arpiarian**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Congdon, Uphoff et Lorenz (1) ont conclu que l'injection de moelle osseuse a un effet bénéfique chez les animaux irradiés. L'action destructrice des rayons X sur les tissus hématopoïétiques est inchangée, mais la régénération de ceux-ci, beaucoup plus poussée, les préserverait et permettrait leur guérison.

Nous avons repris ces expériences en soumettant des séries de 20 Souris albinos à un rayonnement X de 1100 r sous 70 kV. Les injections de moelle osseuse faites dans le péritoine après irradiation ne les préservent pas des effets mortels du rayonnement : 25 % de survivants injectés, 35 % de survivants non injectés.

De même l'injection intrapéritonéale de rate adulte n'a pas d'effet bénéfique sur des Souris traitées de façon semblable.

Des rates et des foies de nouveau-nés, greffés de façon bréphoplastique, dans la cavité péritonéale d'adultes, prennent parfaitement dans un certain nombre de cas. Les rates acquièrent la structure histologique de tissus spléniques adultes; mais elles n'ont pas d'effet de protection contre les rayons X.

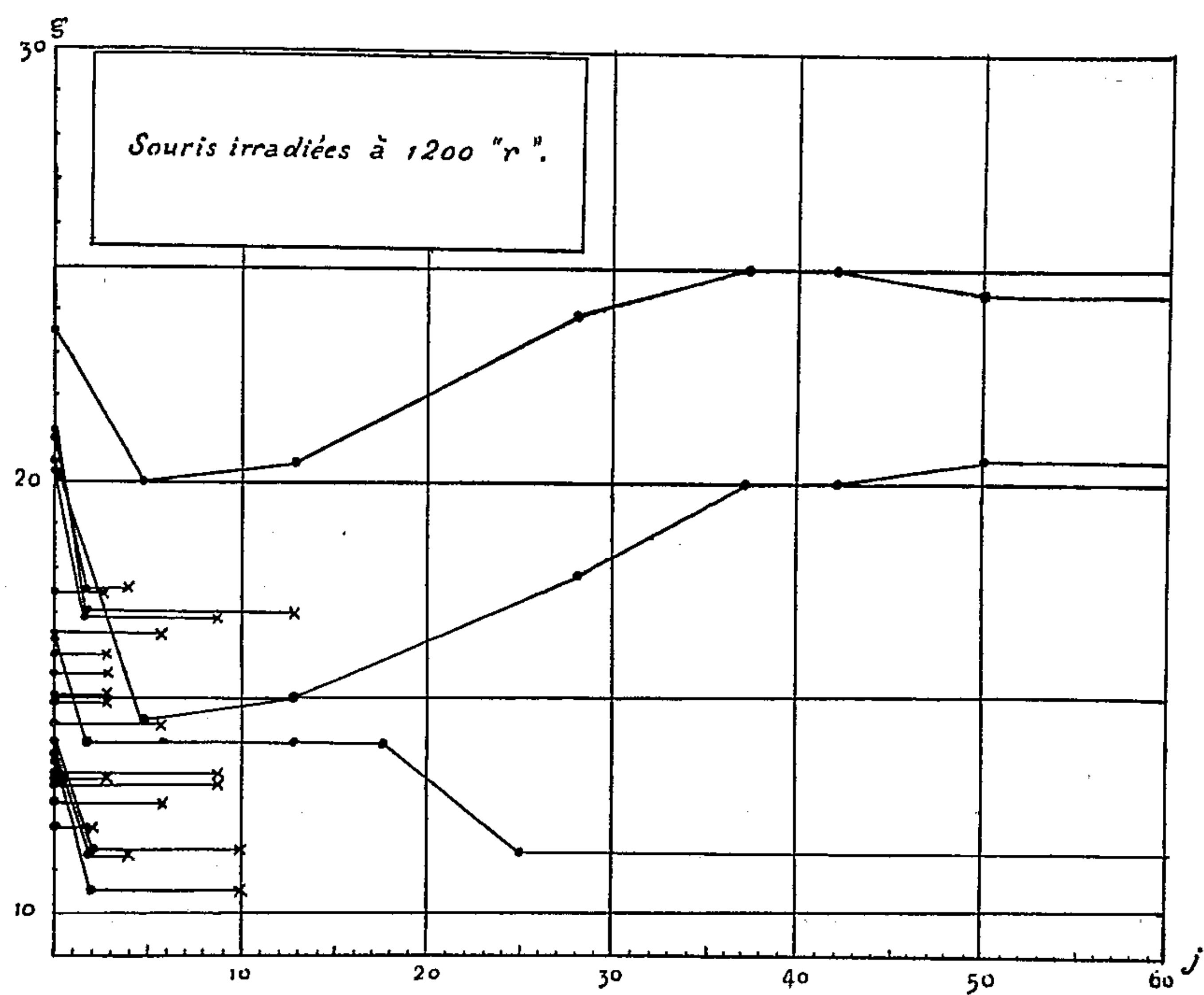
Nous avons alors implanté des membres de Souriceaux nouveau-nés à des Souris adultes. Une patte antérieure et une patte postérieure, écorchées et débarrassées de la plupart de leurs muscles, sont introduites dans une loge sous le muscle peaucier dorsal. Les deux greffons se développent parfaitement et persistent pendant plusieurs mois. La moelle osseuse encore un aspect normal 60 jours après cette opération.

Ces greffes bréphoplastiques ont eu un réel effet bénéfique contre l'action des rayons X, surtout à de fortes doses (1100 et 1200 r, sous 70 kV).

Là, non seulement la moyenne du temps de survie est plus élevée, mais, avec 1200 r, il y a eu 47,6 % de Souris irradiées et greffées qui ont subsisté jusqu'au sacrifice, contre 13 % de Souris simplement irradiées (*fig.* 1 et 2).

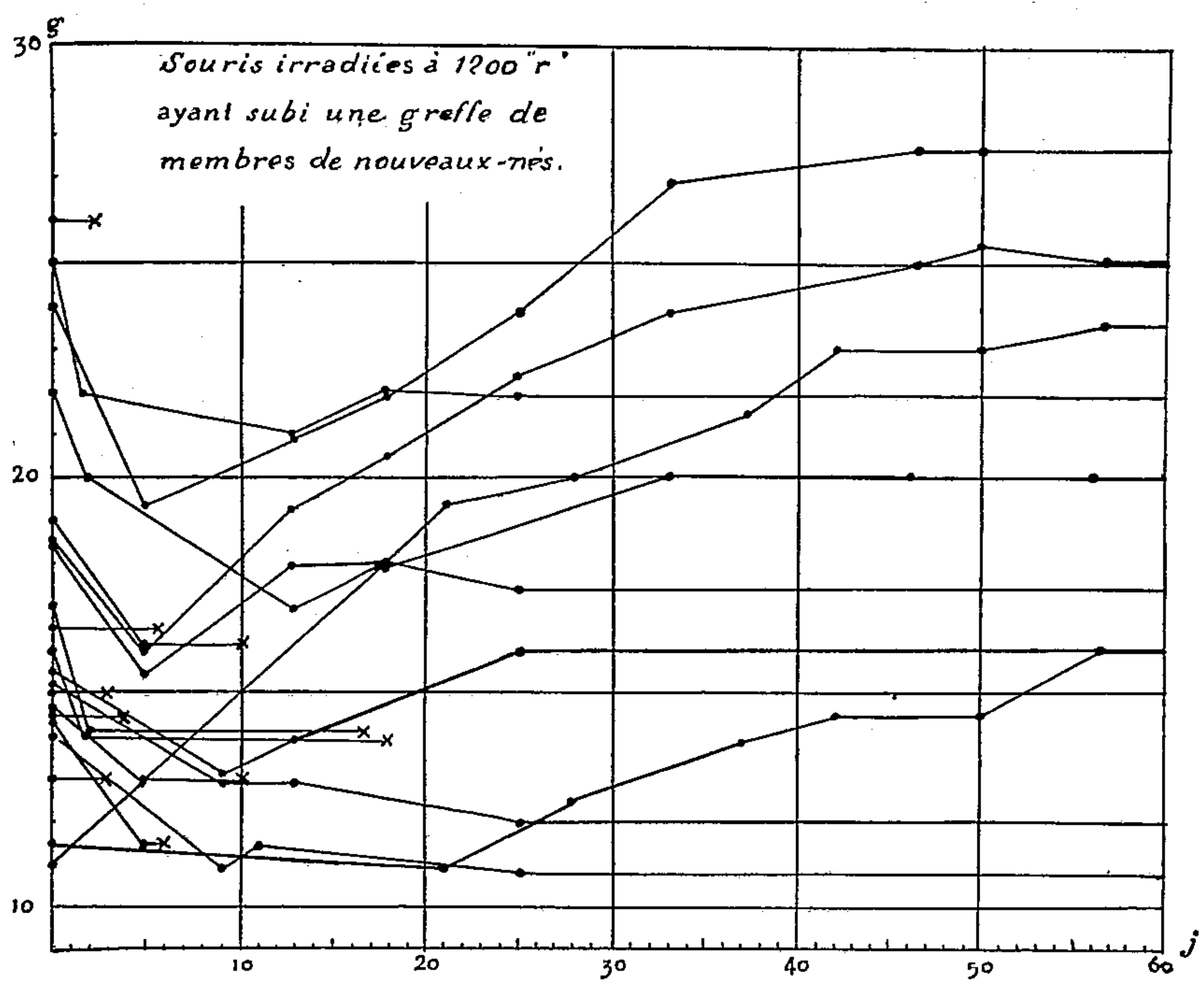
Les résultats bénéfiques se font sentir encore avec 1100 r : 50 % de survivants greffés contre 35 % de survivants non greffés. A 1000 r il y a 85 %

(1) *J. Nat. Cancer Inst.*, 13, 1952, p. 73.



Poids en grammes (g) en fonction de la survie en jours (j).

Fig. 1. — Courbes de survie de Souris ayant subi une irradiation X de 1200 r.



Poids en grammes (g) en fonction de la survie en jours (j).

Fig. 2. — Action d'une greffe de membres de nouveau-nés sur des Souris irradiées à 1200 r.

de survivants greffés contre 62 % de survivants non greffés, et à 900 r, 100 % de Souris greffées contre 75 % de souris non greffées.

Nous pouvons conclure que la greffe bréphoplastique d'os à moelle, dont les résultats morphologiques à longue échéance sont positifs, a également des effets bénéfiques et protège jusqu'à un certain degré des Souris préalablement irradiées.

GÉNÉTIQUE. — *Sur le rajeunissement par le froid des souches de* Podospora anserina. Note de Mlle **Denise Marcou**, présentée par M. Roger Heim.

Une température de 3°, à laquelle la croissance de *P. anserina* est presque nulle, détermine un rajeunissement lorsqu'elle agit sur des mycéliums en cours de développement ou déjà visiblement sénescents. Ce rajeunissement est proportionné au temps d'action du froid et on peut obtenir de cette manière le rajeunissement complet des souches.

Chez *Podospora anserina*, dans des conditions données, la longévité de chaque souche peut être caractérisée par une courbe. La forme de celle-ci est fonction du génotype (1); elle varie également avec les conditions extérieures et en particulier avec la température (2). Les expériences réalisées ont montré que la longévité augmente lorsque la température diminue, et suggèrent la possibilité d'une croissance infinie à une température inférieure à 16°. On sait par ailleurs qu'à une température voisine de 0° les souches jeunes ne vieillissent pas (3). Ces divers éléments nous ont incitée à étudier l'action de basses températures, non plus seulement sur des souches jeunes, mais sur des mycéliums à des stades variés de leur évolution, c'est-à-dire jusqu'au stade de la sénescence visible. La difficulté du problème résulte du fait qu'en dehors des quelques jours précédant la mort, il n'existe aucun point de repère pour déterminer le degré d'évolution d'une souche. Nous avons pu pallier dans une certaine mesure cette difficulté. En effet, si l'on envisage toute une série de lignées issues d'une ascospore uninucléée et cultivées séparément, au moment où les premiers morts apparaissent, les lignées encore apparemment normales sont à des degrés variés de vieillissement (*loc. cit.*). Si, à ce moment précis, on fait agir le froid sur l'ensemble de ces lignées, on peut espérer obtenir un résultat au moins statistique de son action.

Pratiquement les expériences ont été réalisées de la manière suivante : 120 lignées jumelles ont été cultivées en tubes à 25-26°. Lorsque les

(1) G. Rizet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1106.
(2) D. Marcou, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 895.
(3) G. Rizet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 838.

premiers mycéliums sénescents sont apparus, chaque culture a été repiquée en deux exemplaires. Nous avons ainsi obtenu deux groupes de tubes similaires. L'un d'eux a été laissé à 25-26° pour y poursuivre sa croissance normale et servir de témoin. L'autre, après deux jours de croissance à 25-26°, a été placé à une température voisine de 3°; après 10 jours, 20 jours et 4 mois de séjour au froid, chaque culture a été repiquée et sa longévité étudiée à 25-26°. On a alors comparé cette longévité nouvelle à celle de la culture témoin correspondante.

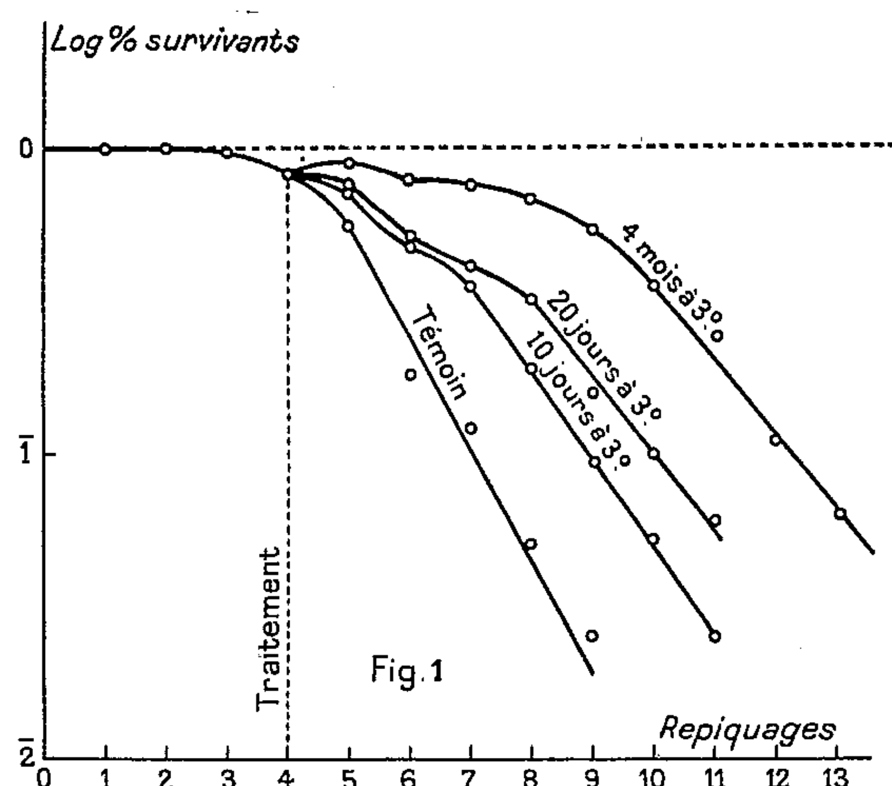


Fig. 1

Les cultures sénescentes au moment du traitement ont conduit à des résultats variés. Parfois on n'a observé qu'une guérison temporaire des mycéliums, même après 4 mois de séjour. Mais, dans la majorité des cas, on a obtenu un rajeunissement d'autant plus important que la durée de séjour au froid avait été plus longue; après un traitement de 4 mois, la croissance à 25-26° a été le plus souvent telle que l'hypothèse d'un rajeunissement total paraît seule pouvoir en rendre compte.

Les cultures proches de la sénescence au moment du traitement et qui se déterminent facilement par l'examen des longévités des cultures témoins, se conduisent comme les précédentes.

Les autres souches se prêtent beaucoup plus difficilement à des observations individuelles et l'action du froid en ce qui les concerne ne peut résulter que d'une étude statistique. Celle-ci est relativement facile, puisqu'on peut construire, à côté de la courbe de longévité normale, de nouvelles courbes, correspondant à l'ensemble des lignées après 10 jours, 20 jours et 4 mois de traitement. Pour la souche 173 ces courbes sont groupées dans la figure 1.

On lit facilement sur cette figure qu'aux trois traitements envisagés correspondent des courbes bien distinctes et nettement séparées de la

courbe témoin. Toutes traduisent une augmentation très nette de la longévité.

L'analyse de la courbe correspondant à un séjour de 4 mois est relativement facile; elle débute par une remontée exprimant que les souches sénescentes au moment du traitement sont apparemment guéries; puis cette courbe redescend au niveau de son origine, certaines cultures n'ayant subi qu'une guérison provisoire; elle se maintient ensuite en palier un certain temps pour se terminer par une droite, dont la pente diffère très peu de celle de la droite témoin. Il est remarquable que, abstraction faite de la légère remontée que nous avons déjà signalée, cette courbe présente exactement la même forme que la courbe témoin. On peut penser que ceci résulte du fait que la grande majorité des lignées non sénescentes ont, elles aussi, subi un rajeunissement total, consécutif à l'action prolongée du froid.

Les courbes correspondant à un temps d'action plus court, 10 jours et 20 jours, diffèrent moins de la courbe témoin : elles ne présentent pas de remontée et pratiquement pas de palier, elles sont relativement rapprochées et nettement séparées de la troisième. Ces observations suggèrent l'idée d'une action du froid lente et progressive, proportionnée au temps de séjour.

Les faits signalés antérieurement (*loc. cit.*) suggéraient la possibilité d'éviter, au moins dans certaines conditions, chez *Podospora*, les modifications qui conduisent à la sénescence; ceux relatés ici, tout en confirmant cette possibilité, précisent que sous l'action du froid ces modifications, dans beaucoup de cas, sont réversibles.

MICROBIOLOGIE. — *Première étude sur les propriétés pathogènes d'une souche de formes naines (formes* L) *fixée, obtenue à partir d'un vibrion.* Note de M. **Jean Lavillaureix**, présentée par M. Robert Courrier.

Contrairement à ce qu'on avait pensé jusqu'ici, la transformation L des bactéries ne s'accompagne pas fatalement de l'élimination totale des endotoxines microbiennes. Ces endotoxines peuvent se trouver présentes dans les formes L et conférer à celles-ci des propriétés pathogènes importantes.

La très abondante littérature consacrée depuis ces dernières années aux formes L des bactéries, fait ressortir un fait sur lequel, jusqu'à présent, tous les auteurs semblent d'accord. La transformation expérimentale d'une bactérie pathogène dans sa forme L fait perdre à celle-ci la totalité de son pouvoir pathogène. Les formes L des bactéries actuellement connues sont effectivement inoffensives pour les animaux. Or, au cours de recherches que nous poursuivons sous la direction du Professeur Tulasne, sur les

formes L des vibrions, nous avons découvert, pour la première fois, une souche de forme L fixée, d'origine vibrionnienne, qui a conservé entièrement les propriétés pathogènes de la bactérie d'origine. Nous avons pensé que ce fait, jusqu'à présent unique, valait d'être rapporté.

La souche bactérienne, dont nous nous sommes servie, est une culture de vibrions des eaux isolés en 1947 en Égypte (souche E.Z.5) (1). Après de très nombreux essais de transformation infructueux, nous avons pu enfin obtenir sur une gélose-ascite contenant de la méthionine des colonies de formes L qui, après trois repiquages sur le même milieu ont été transférées et entretenues sur gélose-ascite à la pénicilline. Dès le 7e repiquage, la souche s'est fixée définitivement sous sa forme L et il n'a pas été possible d'obtenir de réversion vers la forme bactérienne normale. Cette souche dont nous allons étudier le pouvoir pathogène en est maintenant à son 32e passage. Ces passages couvrent une période de dix mois.

Étude du pouvoir pathogène sur la souris blanche. — I. Pouvoir pathogène de la forme vibrionnienne normale. — Les vibrions vivants tuent la Souris en 24 à 48 h dans 100 % des cas par inoculation intrapéritonéale de 2 milliards de germes et dans 33 % des cas par inoculation de 1 milliard de bactéries. La souche chauffée en milieu neutre à 100° pendant 35 mn provoque également la mort des souris à la dose de 2 milliards de germes. Les vibrions possèdent donc une endotoxine très active.

II. Pouvoir pathogène de la forme L de notre souche. — A. *Inoculation intrapéritonéale*. — 1° *Formes vivantes*. — Avec une émulsion de formes L dont la turbidité correspond à 2 milliards de bactéries normales, on obtient la mort des animaux dans 70 % des cas en 48 h. A l'autopsie, on ne trouve aucune lésion appréciable macroscopiquement, mais le contenu intestinal « jus de melon » est nettement anormal. Chez les souris qui ont succombé, on retrouve facilement, par culture, les formes L inoculées ce qui prouve leur survivance dans l'organisme pendant la maladie. (Il nous semble utile de faire remarquer ici, que c'est également la première fois que l'on retrouve après un délai appréciable des formes L dans l'organisme des animaux inoculés. Il était jusqu'ici admis que les formes L disparaissaient de l'organisme presque immédiatement après leur inoculation.) Par contre, chez les souris qui survivent, cette recherche est négative. Notons que l'inoculation des formes L isolées chez les cadavres gardent le même pouvoir pathogène pour les souris que les formes L d'origine.

2° *Formes* L *tuées par la chaleur*. — Une suspension de formes L est tuée par la chaleur à 56° pendant 30 mn, une autre à 100° pendant 35 mn. Un centimètre cube de ces suspensions de même turbidité que celle qui a

(1) Cette souche nous a été adressée par le Docteur Gallut de l'Institut Pasteur de Paris.

été utilisée pour les formes vivantes est inoculée dans le péritoine des souris. On obtient *dans tous les cas la mort* des animaux en 24 à 48 h mais, bien entendu, la culture des formes L à partir de l'exsudat est négative. Il semble donc bien que le pouvoir pathogène de notre souche soit lié à la présence dans les formes naines de l'endotoxine qui existait déjà dans les formes normales.

B. *Autres voies d'inoculation.* — L'inoculation intrapulmonaire est mortelle dans la majorité des cas, en 24 à 48 h, mais la récupération des formes L dans les poumons a été jusqu'à présent négative.

L'inoculation sous-cutanée de doses faibles est assez bien supportée, les animaux ne présentant en général qu'un malaise passager.

L'inoculation dans le talon des pattes postérieures amène l'apparition d'un épisode articulaire passager se manifestant par une ankylose transitoire de l'articulation tibio-tarsienne.

MICROBIOLOGIE. — *Étude de la sensibilité héréditaire à l'anhydride carbonique chez la Drosophile. Description de quelques variants du virus.* Note (*) de Mlle **Colette Duhamel**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le virus de la sensibilité au CO_2 présente une grande richesse de variants dont l'étude comparative est abordée actuellement.

Comme de nombreuses unités biologiques douées de continuité génétique, le virus σ responsable de la sensibilité au CO_2 chez la Drosophile présente une série de variants. Une souche de mouches sensibles doit être considérée comme un complexe « mouche-virus » dont chacun des éléments peut varier. Pour caractériser les types de virus, ou « virotypes », il faut donc supprimer l'influence du premier facteur de variation, en uniformisant autant que possible le génotype des mouches porteuses. J'ai pu alors comparer les populations de virus à l'aide des critères exposés ci-dessous :

— *Courbe d'incubation :* elle figure la relation existant entre le logarithme de la dilution de l'extrait infectant, et le temps d'incubation moyen d'un lot de mouches inoculées avec cet extrait. Lorsque la dilution est suffisante pour que toutes les mouches ne soient pas infectées, ce temps d'incubation atteint une valeur maximum caractéristique.

— *Courbe de multiplication du virus dans la mouche :* elle représente la variation du rendement d'une mouche en virus, en fonction du temps écoulé depuis l'injection. Après une courte période d'absorption, le rende-

(*) Séance du 27 octobre 1954.

ment augmente rapidement pour se fixer à un plateau d'autant plus élevé que l'inoculat initial est plus riche.

— *Courbe de passage au germen :* une femelle injectée dont on recueille la ponte jour par jour après l'injection donne dans sa descendance une proportion de mouches sensibles qui varie au cours de sa vie suivant une courbe en cloche caractéristique (N. Plus, 1954) ([1]).

— *Valence des mâles :* ce terme, introduit par L. Goldstein (1951) ([2]), représente le pourcentage des sensibles dans la descendance d'un mâle de Drosophile. Cette valence dépend de la manière dont le mâle a acquis la sensibilité et varie en outre avec l'âge.

— *Thermosensibilité :* l'évolution et la transmission héréditaire du virus sont très affectées par la température, et d'une manière différente selon les clônes.

J'ai pu, en étudiant les clônes isolés à partir de la souche sensible du laboratoire, identifier les quatre variants suivants :

1° *Variant* σ_{α}. — Ce clône n'est pas, chronologiquement, le premier isolé, mais sert de référence. La période maximum d'incubation est en moyenne de 15 jours avec des variations individuelles pouvant aller jusqu'à 20 à 25 jours. L'invasion du germen femelle est facile, le maximum de la courbe en cloche atteint 30 à 60 %. Les mâles de la souche héréditaire ont une valence élevée (60 à 90 %) mais celle-ci baisse nettement au cours du temps.

2° *Variant* σ_{φ}. — Il est très différent du virus σ_{α} par la courbe d'incubation. A richesse égale d'inoculat, les temps d'incubation observés sont plus élevés, et le temps d'incubation maximum dépasse fréquemment 25 jours. Il s'agit probablement d'une multiplication moins rapide des particules virulentes. La transmission du virus par les femelles d'une souche sensible est plus thermolabile que dans le cas de σ_{α} : en 5 jours les femelles de la souche σ_{φ} ne pondent plus que des résistantes, alors qu'il faut 15 jours avec les femelles de la souche σ_{α} pour arriver au même résultat. Les rendements atteints au plateau par les mouches inoculées sont très comparables pour σ_{α} et σ_{φ}. Par contre, ces mouches n'engendrent que très peu de descendants sensibles. La valence des mâles reste toujours faible (10 à 30 %).

3° *Variant* σ_{ω}. — C'est le premier variant qui ait attiré l'attention par sa propriété curieuse de n'être pas transmis par les mâles, même lorsqu'ils appartiennent à une souche sensible héréditaire. Nous ne connaissons encore que très peu les autres caractéristiques de ce virus.

([1]) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1954.

([2]) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1951.

4° *Variant* σ_0. — Il est très caractéristique par la faculté de pouvoir accomplir à 30° un cycle de multiplication normal dans les mouches inoculées, alors que les trois précédents, dans les mêmes conditions, sont incapables de se multiplier. En outre, une souche pure sensible σ_0 est parfaitement thermostable. Les mâles d'une telle souche pure ont une valence élevée qui, à 20 comme à 30°, reste constante au cours de la vie contrairement à ce qui s'observe avec tous les autres virus. Nous avons isolé à plusieurs reprises ce variant à partir de populations de σ_α en utilisant comme crible la mise en incubation à 30° de mouches inoculées.

Le virus de la sensibilité au CO_2 est d'autre part très courant dans les Drosophiles trouvées dans la Nature. Environ 1/3 des souches que nous avons constituées à partir d'individus capturés en Europe occidentale et dans le proche-Orient se sont révélées porteuses de virus. Leur prospection ne fait que commencer, et a montré que certaines contenaient des types analogues à σ_φ, d'autres des types à croissance rapide, d'autres enfin des types qui semblaient combiner les propriétés de σ_φ et de σ_0. Il paraît donc exister dans la Nature une très grande richesse de « virotypes ».

L'étude de ces différents variants me paraît intéressante à deux points de vue. Tout d'abord elle permettra de mettre en évidence les corrélations pouvant exister, par exemple, entre les grandeurs telles que la valence des mâles, la thermolabilité, et le pouvoir d'intégration du virus dans le germen femelle par inoculation. Cette physiologie comparée pourra permettre de mieux comprendre les relations intimes qui s'établissent entre le virus et son hôte insecte. D'autre part, on pourra espérer grâce à elle jeter les bases de la Génétique de σ. La comparaison des variants ayant permis de déceler quels sont les caractères unité, il sera peut-être possible de retrouver sur ce matériel les phénomènes de recombinaison de caractères qui ont été observés surtout jusqu'ici sur le Bactériophage (S. E. Luria, 1953) (3).

MICROBIOLOGIE. — *Action de la température sur le virus responsable de la sensibilité à l'anhydride carbonique chez la Drosophile.* Note (*) de

Mlle **Marie-Thérèse de Lestrange**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

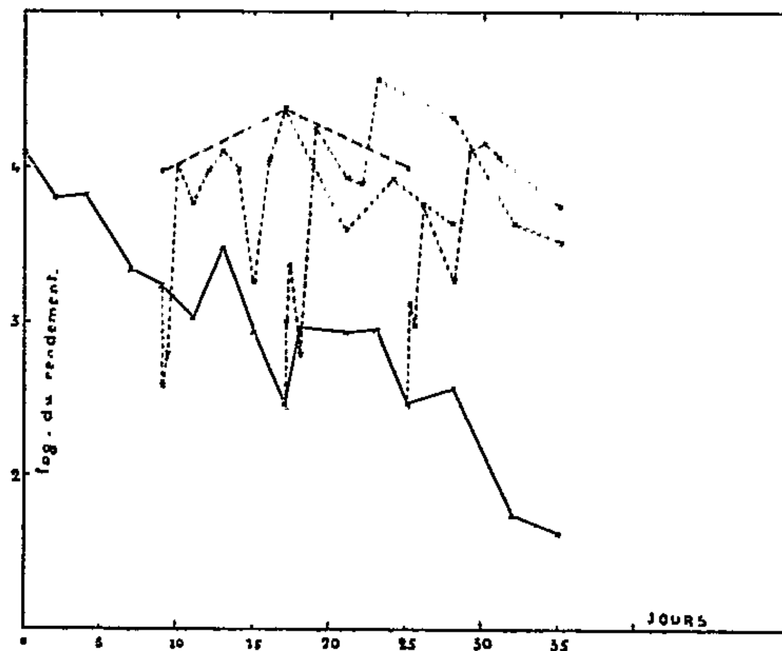
Une élévation de température modifie d'une manière réversible le rendement en virus des mouches sensibles. Diverses hypothèses sont envisagées pour expliquer le phénomène.

(3) *General virology*, Wiley, New-York, 1953.

(*) Séance du 27 octobre 1954.

Les Drosophiles sensibles au CO_2 peuvent l'être par hérédité ou à la suite d'une inoculation. On sait que dans les deux cas, le rendement de l'imago en virus, une fois atteinte sa valeur maximum, reste constant aussi longtemps que la mouche survit et est maintenue à la température normale d'élevage, 20°. Les résultats rapportés ici, montrent que ce rendement est en fait étroitement lié à la température ambiante, il diminue lorsque la mouche est placée à 30°, pour remonter brusquement lorsque celle-ci est ramenée à 20°.

La figure reproduite ci-dessous se rapporte à une expérience dans laquelle furent chauffées des mouches de souche pure sensible. Un lot fut maintenu à 30° pendant 35 jours. Trois autres lots furent ramenés à 20° après des chauffages de 9, 17 et 25 jours. Un dernier lot conservé à 20°, servit de témoin. L'évolution de la teneur en virus des mouches, était suivie par la technique précédemment décrite (N. Plus, 1950, 1954) [1].



Évolution du rendement en virus, en fonction de la température. Trait plein : évolution à 30°; trait interrompu, évolution à 20°.

On observe les faits suivants : à 20° le niveau se maintient constant, à 30° il baisse d'une manière continue, pour remonter brusquement dès la remise à 20°, quelle qu'ait été la durée du chauffage. Des phénomènes semblables ont été observés dans de nombreuses expériences du même type, mais selon le matériel utilisé, j'ai noté certaines différences dans la marche des phénomènes. Elles concernent : 1° la vitesse de la disparition du virus à 30°; 2° le niveau final atteint après retour à 20°, qui parfois reste inférieur au niveau initial.

Cette action à caractère au moins en partie réversible, de la température, sur le rendement en virus des mouches sensibles peut *a priori*, être interprétée de différentes manières :

---

(1) *Experimental Cell Research*, 1, 1950; *Thèse de Doctorat*, Paris, 1954.

1° A température élevée, le virus serait détruit progressivement. La remontée observée serait due à une nouvelle multiplication du virus survivant. Notons que dans cette hypothèse le temps nécessaire pour atteindre le niveau final, serait d'autant plus long que le chauffage aurait été plus prolongé. Or ceci n'a pas été observé;

2° Les mouches sensibles seraient dans tous les cas, le siège, à la fois, d'une destruction spontanée et d'une production du virus. Ce serait cet équilibre qui maintiendrait constant, le rendement de la mouche en virus, niveau dépendant d'une manière réversible de la température. Cette hypothèse paraît peu vraisemblable. Tout d'abord, les faits observés n'indiquent dans aucun cas l'existence d'un niveau constant à 30°. D'autre part, la rapidité avec laquelle réapparaît le virus conduit à attribuer une valeur invraisemblablement élevée au rythme de sa production normale à 20°;

3° Il a été montré précédemment (L'Héritier, 1951, Plus, 1954) (2) que le virus de la sensibilité au CO_2 peut, au moins dans certains cas, exister dans la mouche, sous une forme latente non extractible à l'état virulent. Il se pourrait donc que dans toute mouche le virus soit présent sous deux états différents : une forme latente et une forme active. L'action de la température serait double, d'une part, le chauffage détruirait le virus actif, d'autre part, la remise à 20° induirait la transformation du virus latent en virus actif;

4° La chaleur pourrait enfin inactiver chaque particule de virus d'une manière réversible. Celles-ci récupéreraient leur virulence initiale dès la remise à 20°.

Des expériences sont en cours qui doivent permettre de choisir entre ces hypothèses, notamment entre les deux dernières qui me paraissent les plus vraisemblables.

Les phénomènes que j'ai étudiés sont certainement en relation très directe avec les observations déjà anciennes de L'Héritier et Sigot (1946) (3). Ces auteurs ont constaté en effet qu'un chauffage à 30° était capable de faire disparaître les symptômes de la sensibilité au CO_2, qui réapparaissent après retour à 20°. Le parallélisme avec l'évolution du rendement en virus est donc frappant. D'autre part, l'action de la température sur les virus est un phénomène très général et la comparaison s'impose entre les faits décrits plus haut et ceux relatifs aux viroses végétales. On a constaté, en effet, à diverses reprises que le chauffage de plantes virosées faisait disparaître provisoirement les symptômes de la maladie (Kunkel, 1943, 1952) (4).

(2) *Cold Spring Harbour Symposia*, 16, 1951; *loc. cit.*

(3) *Bulletin biologique de la France et de la Belgique*, 2e trimestre 1946, fasc. 2.

(4) *Proceedings of the American Philosophical Society*, 86; *Phytopathology*, 42, n° 1, 1952.

On sait en outre, que le chauffage des insectes vecteurs infectés, les rend momentanément inaptes à communiquer le virus à la plante. Cette sorte de guérison peut même être définitive si la période de chauffage est suffisamment longue (Kunkel, 1937; Maramorosch, 1950) ([5]).

Tous ces phénomènes relèvent très vraisemblablement d'un mécanisme commun. La Drosophile sensible au CO_2 nous paraît être un matériel favorable pour son étude.

VIROLOGIE. — *Culture du virus rabique* in vitro. Note (*) de M. **Robert Béquignon**, Mme **Jacqueline Gruest**, MM. **Charles Vialat** et **Jean Vieuchange**, transmise par M. Jacques Tréfouël

La méthode de culture de tissu en tubes roulants permet la culture du virus rabique fixe. Le liquide nutritif prélevé à l'occasion des renouvellements successifs présente une virulence qui se maintient régulièrement. De plus, le repiquage de fibroblastes infectés, dans un milieu nutritif neuf provoque une libération continue de virus dans le milieu neuf.

Les différentes méthodes qui ont été proposées pour la culture du virus rabique utilisent la culture de fragments de tissu embryonnaire cérébral de rat ou de souris, placés au contact d'une couche de plasma de poulet (C. Levaditi, 1913, Stoel, 1930, Kanazawa, 1936, Bernkopf et Kliger, 1937, Plotz et Reagan, 1942), ou plongés dans un liquide nutritif contenant du sérum humain ou simien (Webster et Clow, 1936). Les auteurs ont fourni la preuve de la présence du virus dans les cultures successives, par l'inoculation à l'animal des milieux non centrifugés.

En vue de mieux préciser les conditions de développement du virus rabique, et d'y trouver, le cas échéant, le moyen d'aborder l'étude de la Rage avec des possibilités nouvelles, nous avons utilisé la méthode de culture de tissu en tubes roulants (Carrel, 1913, Gey, 1933), reprise avec le succès que l'on sait par Enders et ses collaborateurs pour la culture de la vaccine ([1]) et de la poliomyélite ([2]).

Technique. — La souche employée est la souche de virus fixe Louis Pasteur, à son 1918e passage sur le cerveau du Lapin : le tube étant ensemencé avec 0,2 ml d'une suspension cérébrale au 1/15e, 1/30e et 1/150e en poids, soit avec 1000, 500 ou 100 unités virulentes-lapin ([3]).

L'appareil, le milieu de culture, le type des tubes employés, leur bou-

---

([5]) *American Journal of Botany*, 24, n° 5, 1937; *Phytopathology*, 40, 1950.

(*) Séance du 27 octobre 1954.

([1]) A. E. Feller, J. F. Enders et T. H. Weller, *J. exper. Med.*, 72, 1940, p. 367.

([2]) F. C. Robbins, T. H. Weller et J. F. Enders, *J. Immunology*, 69, 1952, p. 673.

([3]) R. Béquignon et C. Vialat, *Ann. Inst. Pasteur*, 84, 1953, p. 529.

chage, les méthodes d'examen histologique sont ceux-là mêmes que décrit Enders.

Le tissu cultivé est le cerveau d'embryons de souris. La température d'incubation est de 36°,5. Le liquide nutritif est changé en tenant compte du virage du milieu et du développement des fibroblastes; le milieu a été changé à des intervalles de temps variés, les liquides prélevés étant conservés au réfrigérateur. La virulence des liquides a été appréciée par inoculation intracérébrale au lapin, après centrifugation de façon à exclure toute présence de cellules. Lors des passages de tube à tube, on inocule 0,2 ml de liquide de lavage centrifugé.

Résultats. — Que les changements de milieu soient effectués tous les deux jours ou tous les quatre jours, dans les deux cas, le liquide nutritif prélevé à l'occasion des renouvellements successifs présente une virulence qui se maintient régulièrement depuis le début des essais, c'est-à-dire depuis plus de deux mois. Si l'on calcule la dilution terminale, on retrouve dans le liquide recueilli au cours du plus récent renouvellement un nombre d'unités virulentes-lapin de beaucoup supérieur à celui que contenait le matériel d'inoculation. C'est ainsi que dans un de nos essais, le liquide nutritif d'un tube de culture, est encore virulent au 65e jour qui suit l'inoculation.

Les témoins, milieu ou milieu plus cellules chauffés à 56° pendant 30 mn, inoculés dans les mêmes conditions, se sont montrés dépourvus de virulence après 24 h d'étuve.

Il est en outre loisible d'infecter des fibroblastes vierges avec un liquide nutritif ayant servi à l'entretien d'une culture précédente et soumis à la centrifugation.

Non seulement le milieu nutritif est virulent, mais aussi les cellules : pour en démontrer la virulence, nous avons préféré au passage des broyats, le transfert de fragments du voile de fibroblastes de cultures ensemencées de Rage. Ce repiquage de fibroblastes infectés dans un milieu nutritif neuf, permet, à la fois, d'obtenir une culture de fibroblastes et la libération du virus dans le milieu neuf : tout se passe comme si se trouvait réalisée une véritable symbiose entre les fibroblastes et le virus.

Nous n'avons observé ni par l'examen microscopique direct des tubes au cours de la culture, ni par l'examen histologique des cellules prélevées, aucune modification des fibroblastes pouvant être attribuée à l'action du virus (4).

---

(4) Dans des essais, nous utilisons divers tissus provenant d'espèces différentes afin de savoir si l'intégrité apparente des cellules de cerveau d'embryon de souris que nous avons observée jusqu'ici est ou non un cas particulier.

Ces résultats concernant le virus rabique fixe ([5]) s'opposent à ceux qu'Enders a décrits pour le virus poliomyélitique.

Des expériences sont en cours pour rechercher l'apparition éventuelle de modifications antigéniques de la structure du virus de culture. En tout cas, après les passages effectués en tubes roulants, la virulence, la symptomatologie de la paralysie du Lapin et les lésions histologiques du névraxe restent identiques à celles du virus fixe originel.

La séance est levée à 16 h 5 m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 26 juillet 1954.)

Note présentée le 19 juillet 1954, de MM. *Jean-Claude Monier* et *Raymond Hocart*, Épitaxies de As_4O_6 sur la fluorine et de $CuCl$ sur la blende. Recouvrements géométriques de liaisons :

Page 357, 13e ligne en remontant, *au lieu de*

$$2[110]\,CaF_2 = 7{,}70\ \text{Å}; \qquad [110]\,As_4O_6 = 7{,}81\ \text{Å};$$

lire

$$2[1\bar{1}0]\,CaF_2 = 7{,}70\ \text{Å}; \qquad [1\bar{1}0]\,As_4O_6 = 7{,}81\ \text{Å}.$$

Page 358, 10e ligne en remontant, *au lieu de* $O : \varphi, o, o$, *lire* $O : \bar{\varphi}, o, o$.

([5]) Il ne semble pas qu'il en soit de même avec le virus des rues, qui fait l'objet d'autres essais sur lesquels nous nous proposons de revenir.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 NOVEMBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE DE BROGLIE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **JACQUES HADAMARD** signale la présence de M. **MICHEL FEKETE**, Professeur à l'Institut de mathématiques Einstein de l'Université hébraïque, à Jérusalem. M. le Président souhaite la bienvenue à celui-ci et l'invite à prendre part à la séance.

Notice nécrologique sur ALBERT DEMOLON (1881-1954),
par M. **MAURICE JAVILLIER.**

MES CHERS CONFRÈRES,

La mort d'**ALBERT DEMOLON** a frappé d'un deuil profondément douloureux l'Agronomie française et notre Compagnie. Demolon avait 73 ans et demi et nous étions en droit d'espérer qu'il pourrait plus longuement nous apporter le fruit de ses observations. Atteint en 1950 par un immense chagrin — la mort accidentelle de M[me] Demolon — il ne put jamais recouvrer le calme du cœur et la sérénité de la pensée. Seul, son travail scientifique captait son attention et lui apportait un passager allégement. La peine qui le tenaillait, le mal physique greffé sur la dépression morale ont, le 23 octobre dans la nuit, enlevé ce travailleur digne de toute estime et de tout respect.

Albert Demolon est né à Lille, le 30 avril 1881. A l'heure du choix d'une carrière, il prépare le concours d'entrée à l'École polytechnique, mais, touché par un incident de santé, et mû par un jugement sûr des disciplines qui conviennent le mieux à son esprit, il s'oriente vers l'Agronomie et les Sciences physiques. Ingénieur-agronome en 1903, il deviendra licencié, puis, en 1926, docteur ès-sciences. Un certain temps, il travaille à l'Institut Pasteur, ce qui marquera vivement sa pensée et orientera certains de ses travaux. Après un bref passage à l'École d'Agriculture du Chesnoy près

Montargis, il est nommé, en 1909, à la suite d'un brillant concours, *Directeur de la Station agronomique et du Laboratoire de Microbiologie de l'Aisne.*

Le voici dans un cadre adapté à l'exercice de son sens de l'observation. La région est un foyer d'agriculture scientifique; elle offre une gamme complète des types de terres agricoles; elle compte des agriculteurs d'élite. Au contact de la nature, Demolon vérifie et amende ses conceptions jusqu'alors un peu théoriques. Loin de se renfermer dans une tâche purement utilitaire, il cherche les raisons des choses, lie l'observation scientifique, la connaissance des réalités agricoles, la compréhension des buts économiques. Il demeure 17 ans dans ce foyer si précieux d'étude où, tout en complétant sa propre formation, il conseille utilement ceux qui le consultent.

En 1927, il est nommé *Inspecteur général des Stations et Laboratoires du Ministère de l'Agriculture.* Il peut alors amplifier son œuvre, acquérir sur les Directeurs un ascendant dû à son savoir et son jugement, réaliser une œuvre collective féconde. Celle-ci s'exprime dans les *Rapports annuels des Stations* et les *Annales agronomiques* qu'il fait revivre.

Un instant, ce savant, qui ne fréquente que laboratoires et champs d'expériences, prend contact avec l'enseignement, en suppléant Schlœsing fils, en la chaire de Chimie agricole du Conservatoire des Arts et Métiers, dont je devais, peu après, assumer la charge. Plus tard, de 1941 à 1950, il fera, à l'École du génie rural, un cours de Pédologie et Physique du sol.

A dater de 1940, il dirige le *Centre national de Recherches agronomiques de Versailles.* Il y est gravement touché par les événements de guerre; ses collections et documents personnels sont annihilés. A Laon, en 1918, il avait déjà vu son laboratoire détruit par les bombardements.

Retraité en 1946, il est nommé *Inspecteur général honoraire de l'Agriculture* et, comme l'absence de fonction lui pèserait, il apporte son concours de conseiller scientifique à un important groupement industriel, tout en demeurant chercheur original et heureux.

Parmi les sujets qui sollicitent un agronome, demandant à la Science idées directrices et méthodes, à la culture vérifications et suggestions, A. Demolon a élu l'*étude du sol et de la fertilisation.* Voici, sans souci d'ordre chronologique, les têtes de chapitres de son œuvre.

Une préoccupation initiale des agronomes est de se représenter la *genèse des sols cultivables*, les transformations des roches mères qu'elle implique. A cet ordre d'idées, se rattachent, par exemple, les recherches de Demolon sur la désagrégation du granite, poursuivies cinq années en cases lysimétriques, dans des conditions naturelles; elles montrent : pulvérisation de la matière; libération des espèces minérales; formation, aux dépens de la biotite, d'un peu d'argile colloïdale.

Dans les sols s'accomplissent maintes *migrations de substances minérales.*

Ainsi, le fer se déplace en raison de la formation de complexes pseudo-solubles en présence d'anions siliciques, phosphoriques, humiques. La silice est vectrice du fer. Les colloïdes ferri-siliciques se dissocient au contact de l'eau, donnent des produits dialysables; c'est un mode d'accès du fer au végétal. Les complexes ferri-siliciques sont ainsi antichlorosants.

Le Directeur de la Station de Laon étudie la genèse, la composition, les propriétés physicochimiques des *limons quaternaires du Nord de la France*, soumis à une culture intensive. Il étudie l'évolution des *formations tourbeuses des vallées de la Somme et de la Souche* en vue de leur mise en culture.

Du fait des conditions climatiques, les sols subissent d'incessantes transformations. Sur la distribution de l'eau, le pouvoir desséchant des cultures, la résistance à la dessiccation, les eaux de drainage, la jachère, la décalcification, l'exportation de la potasse, l'appauvrissement en phosphore, etc. Demolon apporte un nombre important de données.

Colloïdes argileux et humiques représentent une partie fort active des sols. Pour *extraire et doser la matière argileuse*, le citrate de sodium se révèle le réactif le mieux adapté. De terres calcaires, il permet de l'isoler inaltérée en plus grande quantité qu'on ne pensait. L'*argile* possède, entre autres propriétés, celle de sensibiliser les colloïdes humiques et ceux-ci exercent vis-à-vis de l'argile une action protectrice. On peut obtenir, en de certaines conditions, des suspensions stables argile-acide humique et préparer des complexes analogues à ceux des sols.

Entre argile colloïdale et milieu salin se réalisent *des phénomènes d'échange*, dont les lois sont celles des phénomènes d'adsorption; les équilibres dépendent du pH final et de l'énergie de fixation propre à chaque cation. On peut réaliser des phénomènes d'adsorption sélective. Ces phénomènes retentissent sur la composition des solutions du sol. Du pH des sols, Demolon montre signification et conséquences.

Avec lui, l'*analyse des terres* prend un facies nouveau. Il distingue l'*analyse après dispersion totale* et l'*analyse structurale*, qui apprécie l'état d'agrégation des particules minérales cimentées par les colloïdes. La *microstructure* est, pour chaque sol, une caractéristique.

Dans un sol cultivé, vivent en nombre considérable des microorganismes. Demolon observe la façon dont s'étendent les processus microbiens, voit le soufre élémentaire se transformer par voie microbienne en acide sulfurique, reconnaît les besoins de *Bacillus Radicicola* en facteurs de croissance, et — nous le dirons plus précisément — ses relations avec son bactériophage.

En matière de fertilisation, les acquisitions de notre Confrère sont d'aussi haut intérêt. L'*azote* est le pivot de la fumure. L'apport d'engrais azoté est nécessaire en culture intensive. La quantité utile (par exemple de nitrate

d'ammonium qu'il préconise) dépend de la « capacité de production » que, par ailleurs, possèdent les sols. En *engrais phosphatés*, les besoins sont appréciés par la « constante critique d'équilibre », concentration phosphorique de la liqueur, qui, en contact avec une terre, ne lui cède, ni ne lui ravit d'acide phosphorique. Divers facteurs jouent un rôle prédominant dans fixation ou mobilisation de cet acide : silice, sesquioxydes, colloïdes humiques. La vitesse de diffusion, dans ce milieu hétérogène qu'est le sol, dépend surtout de l'humidité. La façon dont réagissent les sols à l'apport de phosphates est subordonnée à la composition des sols et de leurs complexes, à leur *pouvoir de fixation*. Des doses différentes peuvent être *isodynames*.

La quantité utile d'azote étant fixée, les quantités d'acide phosphorique et potasse doivent être calculées de telle sorte qu'elles assurent à l'azote son maximum d'efficacité. C'est *un problème d'équilibre*. La formation d'une certaine quantité de matière végétale correspond d'ailleurs à une absorption variable d'éléments nutritifs. Il faut distinguer *absorption* et *utilisation*. Demolon analyse les conditions qui font varier les « coefficients d'utilisation » d'azote, phosphore, potassium; il codifie l'utilisation rationnelle des engrais. Enfin, la capacité de production d'un sol dépend de son aménagement chimique, mais aussi, à un haut degré, de son *état physique*.

Du souci d'accroître l'utilisation du fumier — moyen économique d'assurer le retour au sol d'une fraction des éléments exportés et l'apport de produits humiques — est née la technique de fabrication du fumier artificiel par humification des pailles par voie microbienne.

On sait que la culture des Légumineuses est « améliorante » grâce à la fixation d'azote libre, en raison de leur symbiose avec *Bacillus Radicicola*. Or, une culture de luzerne perd sa vigueur végétative dès la troisième année Le sol est, dit-on, « fatigué ». Épuisement en éléments nutritifs ? Non pas. Étudiant *Bac. Radicicola* dans les sols, Demolon constate que les propriétés des souches varient; certaines, issues de terres « fatiguées », sont frappées de dégénérescence.

La présence dans les nodosités d'un agent déterminant la lyse du *Bacillus Radicicola* ayant été signalée, Demolon et Dunez trouvent un bactériophage dans les nodosités, tiges et racines de la luzerne et dans les sols cultivés en cette légumineuse. Ils établissent le rapport de cause à effet entre « fatigue » et multiplication du bactériophage et la grande activité fixatrice si le bacille manifeste une résistance marquée au bactériophage. Ils trouvent enfin que l'inoculation de Bacilles actifs aux graines assure le développement normal de la luzerne. La fatigue des sols est expliquée; elle peut être victorieusement combattue. Les conséquences pratiques de ces observations sont considérables.

Telle fut — trop résumée — la carrière de chercheur de notre Confrère.

Ce qui la marque, c'est que les problèmes de l'Économie rurale ne sont pas envisagés sous un aspect uniquement chimique — non certes que Demolon n'ait point saisi l'importance primordiale de ce point de vue (il était pour cela trop avisé), mais parce qu'il pensait qu'il le faut dépasser, qu'il convient surtout d'accroître nos connaissances relatives aux *relations de la plante avec le sol.*

Par ailleurs, convaincu que, d'un point de vue même utilitaire, la valeur de l'intelligence des phénomènes prime toutes connaissances pratiques, il s'est proposé de substituer aux observations empiriques des données scientifiquement établies. Il s'est attaché à l'étude des mécanismes des phénomènes, afin de pouvoir les interpréter dans les conditions naturelles, les prévoir et, si possible, les diriger.

Frappé de l'insuffisance de l'étude analytique du sol en un état « statique », il en a fait l'étude dans les conditions qui conviennent à un milieu en évolution. En cela, il se rattache à l'École des pédologues russes. Le sol doit être étudié en son état dynamique en recourant à toutes disciplines utiles : minéralogie, chimie, physicochimie, microbiologie. Se priver de l'une de celles-ci, c'est restreindre la portée de son regard, n'aboutir qu'à des vérités partielles, n'atteindre que des abstractions. Avec continuité, il a travaillé selon ces principes, transmis ses vues et ses méthodes aux chercheurs qu'il animait de son esprit.

Fidèle aux principes posés par les fondateurs de la science agronomique, il n'a pas pensé que seules valent les études de laboratoire; il a préconisé et réalisé l'expérimentation au champ qui, pour l'agriculture, permet seule des conclusions valables. Il a toujours associé la plante et le sol, institué des expériences assurant au mieux la précision des résultats, les a répétées pendant des années pour fortifier ses conclusions, parer, dans la mesure du possible, à certaines influences difficilement prévisibles et à des facteurs climatiques variables.

Il a diffusé sa pensée dans des Ouvrages didactiques de haute tenue. Sa *Dynamique du sol* développe cette notion que le sol est le siège de perpétuelles transformations dans sa structure, ses réactions, son peuplement. Par ses colloïdes, il n'est pas sans quelque analogie avec les milieux vivants. Les réactions qui s'y réalisent sont des réactions d'équilibre dont il importe de percevoir sens et vitesse.

Dans *Croissance des végétaux*, il étudie l'action des facteurs physiques, chimiques, biologiques, intervenant dans le développement des plantes cultivées. Il discute des lois de la croissance, dont la connaissance est nécessaire à l'agriculteur pour régler son action en vue de la meilleure récolte. Le problème de la fumure y est exposé sous tous ses aspects.

Le *Guide pour l'étude expérimentale du sol*, rédigé en collaboration avec M. Désiré Leroux, réunit toutes méthodes d'observation et de mesure

qui permettent de pénétrer dans l'intelligence des phénomènes dont le sol est le siège.

Dans un quatrième volume, *L'évolution scientifique de l'agriculture*, Demolon discerne, d'après les directions de pensée qui ont cours sur la science du sol, la fertilisation, la protection des cultures, la zootechnie, ce que l'on peut attendre des progrès techniques et discute de l'avenir de nos productions.

Enfin, deux petits livres des Presses Universitaires ont trait l'un à la *Génétique des sols*, l'autre à la question : *le Phosphore et la vie*.

En appelant en 1946 Albert Demolon à siéger dans notre Section d'Économie rurale, notre Compagnie avait sanctionné la vie scientifique d'un agronome que sir John Russell, Membre Associé de notre Académie, qualifiait comme « l'un des esprits les plus clairs, l'un des chercheurs les plus originaux parmi les agronomes de notre temps ». Il avait reçu maintes distinctions; il avait présidé l'Académie d'Agriculture, l'Association française pour l'étude du sol, l'International Society of Soil Science. Il avait rempli des missions remarquées en Grande-Bretagne, Hollande, Danemark, Hongrie, U. R. S. S.; il avait jeté les bases de la modernisation agricole dans la République libanaise.

Avec lui a disparu un grand agronome, un savant hautement estimable, un collègue un peu replié sur lui-même, mais sensible et affectueux. Au lendemain du décès de sa femme, il avait fait à notre Compagnie un don en vue de la création d'un prix en faveur de jeunes chercheurs dans le domaine des Sciences agronomiques. Ce prix porte le nom de celle qui fut auprès de lui une collaboratrice inlassable et éclairée. Cette intention et ce geste ajoutent un trait doublement touchant au portrait du collègue qui vient de disparaître.

En votre nom, je renouvelle aux siens, particulièrement à M. et M[me] Georges Demolon, et à ses nombreux collaborateurs et disciples, l'expression de notre infinie tristesse.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Photooxydation des cycles diéniques pentagonaux. Cas des polyarylcyclopentadiènes. Une réaction singulière de photolyse.* Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, André Étienne** et **Jean Aubry.**

Photooxydes de pentaphénylcyclopentadiènols, paradiméthylaminés ou non. Leur thermolyse particulièrement nette en tétraphénylfuranne et acide benzoïque, p-diméthylaminés ou non. Photooxyde du pentaphénylcyclopentadiène. Transformation intégrale, par photolyse sous vide, de l'éther méthylique du pentaphénylcyclopentadiénol en l'hydrocarbure correspondant, avec éjection de méthanal.

(*) Séance du 27 octobre 1954.

a. Des recherches sur les pentaphénylcyclopentadiènols aminés ([1]) nous ont offert l'occasion de reprendre, en les étendant, des travaux antérieurs ([2]) sur la photooxydation des cycles pentagonaux.

Si Z représente indifféremment un maillon carboné ou un hétéroatome, on soupçonne que la structure cyclodiénique pentagonale, I, doit être apte à fixer, sous l'effet de la lumière, une molécule d'oxygène aux extrémités du diène, I → II, tout comme le fait la structure mésocyclique hexagonale d'un acène, III → IV. C'est ce que nous avions constaté ([2]) pour le diphénylisobenzofuranne, V, qui donne effectivement le photooxyde attendu VI. Mais la constitution de ce corps, qui en fait l'analogue d'un ozonide, lui confère une grande fragilité : en fait, le photooxyde VI explose à la température ordinaire, avec production d'o-dibenzoylbenzène, VII. Des travaux sur la photooxydation d'autres corps furanniques (I où $Z = O$) ont vu le jour dans d'autres laboratoires ([3]); nous en avons nous-mêmes en cours, pour notre compte (avec M. Martel).

Passant aux dérivés du cyclopentadiène (I, où $Z = CRR'$), nous avons présenté nos premiers résultats à la Société Chimique de France, qui les a enregistrés au procés verbal de la séance du 9 juillet 1954 ([4]).

De leur côté, Schenck, Müller et Pfennig viennent de publier dans le deuxième fascicule d'août 1954 de *Naturwissenschaften* ([5]) le résumé d'intéressantes recherches concernant la photooxydation du diphényl-2.5 cyclopentadiène, VIII.

b. Les corps cyclopentadiéniques, dont nous nous sommes occupés tout d'abord, ont été les tétracyclones, IX, et les pentaphénylcyclopentadiénols, XI, les deux sortes de corps portant, ou non, en para sur les phényles un ou plusieurs restes diméthylaminés. Le développement du travail nous a conduits tout naturellement à leur adjoindre les hydrocarbures apparentés, en particulier les hydrocarbures tétra, penta et hexaphénylés, diméthylaminés ou non, ainsi que l'ensemble des corps correspondants des séries indénique et fluorénique.

En ce qui concerne les tétracyclones, bornons-nous, pour le moment, à souligner que la photooxydation du corps tétraphénylé IX (où $Ar = C_6H_5$) aboutit au cis dibenzoylstilbène, X, $C_{28}H_{20}O_2$, F_{inst} 211-212°. Ainsi se trouve rectifiée une anomalie, qui était la production de l'isomère trans dans cette photooxydation observée accidentellement en 1953 ([6]).

Pour ce qui est des penta-arylcyclopentadiénols, XI, les efforts ont été con-

(1) C. Dufraisse, A. Étienne et J. Aubry, *Bull. Soc. Chim.* (5) 21, 1954, p. 435.

(2) C. Dufraisse et S. Ecary, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 735.

(3) *Voir* principalement : G. O. Schenck, *Lieb. Ann.*, 584, 1953, p. 156.

(4) C. Dufraisse, A. Étienne et J. Aubry, *Bull. Soc. Chim.* (5), 21, 1954, p. 1201.

(5) *Naturwiss.*, 41, 1954, p. 374.

(6) S. B. Coan, D. E. Trucker et E. I. Becker, *Amer. Soc.*, 75, 1953. p. 900.

centrés en premier lieu sur deux problèmes étroitement liés : la constitution des photooxydes et le mécanisme de leur décomposition. Cyclopentadiénols envisagés dans la présente Note : XI*a*, $C_{35}H_{26}O$, F_{inst} 177-178°; XI*b*, $C_{37}H_{31}ON$, F_{inst} 248-249°; XI*c*, $C_{37}H_{31}ON$, F_{inst} 205-206°. Photooxydes correspondant, respectivement, à XI*a* : $C_{35}H_{26}O_3$, F_{inst} 190-191°; à XI*b* : $C_{37}H_{31}O_3N$, F_{inst} 251-252°; à XI*c* : $C_{37}H_{31}O_3N$, F^{inst} 198-199°.

XIa : Ar = Ar' = Ar'' = Ar''' = Ar^{IV} = C_6H_5
XIb : Ar = $C_6H_4N(CH_3)_2$, Ar' = Ar'' = Ar''' = Ar^{IV} = C_6H_5
XIc : Ar'' = $C_6H_4N(CH_3)_2$, Ar = Ar' = Ar''' = Ar^{IV} = C_6H_5

c. Il va de soi que les photooxydes des diènes pentagonaux ont la formule générale II. Mais il s'agit là du produit *primaire* de la photooxydation ; or, rien ne prouve *a priori* que le corps isolé finalement ne soit pas le produit d'un réarrangement du photooxyde primaire.

La question pouvait se poser pour les photooxydes des pentaarylcyclopentadiénols en raison, d'une part, de la difficulté de faire apparaître chez eux le caractère peroxydique et, d'autre part, de la netteté des réactions de scission.

En effet les photooxydes des carbinols obtenus jusqu'ici ne dégagent pas d'iode au contact des solutions acétiques d'iodure de potassium, pas plus à froid qu'à chaud. Par contre, il est vrai, le photooxyde, XVI ($C_{35}H_{26}O_2$, F_{inst} 162-163°), de l'hydrocarbure correspondant, ou pentaphénylcyclopentadiène, XV, se comporte normalement à cet égard.

Cette absence de propriétés oxydantes, remarquons-le, peut n'être qu'une apparence due à l'extraordinaire facilité de scission des photooxydes. Ces corps, en effet, se coupent *quantitativement* en tétra-arylfurannes, XIII, et acides benzoïques, XIV, *p*-diméthylaminés ou non suivant le cas [triphényl-2.4.5 (*p*-diméthylaminophényl)-3 furanne, $C_{30}H_{25}ON$, F_{inst} 188°, puis, après resolidification, 194°]. La réaction ne se manifeste pas à la température ordinaire

sur les produits secs, qui sont stables; elle ne devient sensible que notablement au-dessus de 100°. Mais, au contact de l'acide acétique, elle se produit déjà lentement à froid et très rapidement, quelques secondes seulement, à l'ébullition. Les deux corps résultants, faciles à séparer, sont, chacun, obtenus directement à l'état sensiblement pur. On conçoit alors que cette réaction, prenant le pas sur toute autre, puisse masquer le pouvoir oxydant de la structure peroxydique. Quand, au contraire, la scission est moins aisée, l'oxygène actif peut se révéler. Ainsi en est-il pour le photooxyde, XVI, de l'hydrocarbure XV, dont la coupure en tétraphénylfuranne et benzaldéhyde, XVII, est nettement plus difficile que celle des photooxydes des carbinols.

La question de la constitution des photooxydes cyclopentadiéniques devait donc se poser. Un doute à ce sujet était d'autant plus rationnel que la formule admise, XII, ne donne à prévoir ni la facilité, ni la netteté de la scission en XIII et XIV. Les corps réellement obtenus ne sont-ils pas sous une forme plus proche que XII des produits de leur coupure, comme XVIII par exemple? Nous avons cependant l'impression que la formule peroxydique XII sera maintenue, eu égard, principalement, aux comparaisons des spectres de ces corps, avec celui du photooxyde XVI, incontestablement peroxydique, de l'hydrocarbure XV, ainsi qu'avec ceux des adducts diéniques ordinaires de nos alcools cyclopentadiéniques.

d. En analysant de plus près la thermolyse à sec des photooxydes des carbinols, il nous est apparu que le fragment acide se détachait, non pas comme tel, mais sous la forme d'anhydride. Ainsi, dans la scission du peroxyde *p*-diméthylaminé sur le phényle en 1, correspondant à XI *b*, où l'anhydride, qui est celui de l'acide *p*-diméthylaminobenzoïque, est facile à isoler à cause de son point de fusion élevé, c'est l'anhydride qui a été recueilli en large prépondérance sur l'acide libre. L'anhydride benzoïque simple, quoique plus difficile à séparer, a été caractérisé lui aussi dans la thermolyse du photooxyde non aminé, celui du carbinol XI *a*. Des essais sont en projet pour voir si l'acide libre observé là et là, ne proviendrait pas d'une hydrolyse secondaire de l'anhydride, celui-ci ne paraissant pas devoir son origine à une anhydridisation de l'acide libre dans les conditions opératoires. C'était peut-être le signe que le proton de l'hydroxyle carbinolique avait une part active dans l'acte de craquage du photooxyde.

Pour en avoir le cœur net, on a tenté de photooxyder l'éther méthylique, XIX ($C_{36}H_{28}O$, F_{inst} 193°, puis, après resolidification, 198-199°), du pentaphénylcyclopentadiénol, dont le photooxyde aurait dû abandonner du benzoate de méthyle par dégradation. A notre grande surprise, l'irradiation à l'air de cet éther, XIX, *a fourni le photooxyde*, XVI, *de l'hydrocarbure correspondant*, XV. A la contre-épreuve, c'est-à-dire à l'irradiation *sans oxygène*, l'éther méthylique XIX s'est transformé rapidement et quantitativement en hydrocarbure XV, avec émission d'une molécule de méthanal, CH_2O, reconnaissable à l'odeur et

caractérisé, puis dosé par la dimédone. En présence d'oxygène, la réaction est assez rapide pour prendre le pas sur la photooxydation de l'éther méthylique initial, dont le photooxyde est ainsi rendu inaccessible dans l'état actuel des choses.

Les conditions, les particularités et le mécanisme de cette étrange photolyse sont en cours d'étude.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale que le tome 234 (janvier-juin 1952) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. **Maurice Roy** dépose sur le Bureau de l'Académie le numéro d'octobre 1954 des *Annales des Mines* qui contient le texte du *Discours prononcé à la commémoration par l'École polytechnique du Centenaire de la naissance d'Henri Poincaré*, par le Général Dassault, et un article intitulé : *Henri Poincaré, Ingénieur des mines*, par René Dugas et Maurice Roy.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° État du Viêtnam. Centre national de recherches scientifiques et techniques. *Archives des recherches agronomiques et pastorales au Viêtnam. Les plantes médicinales du Cambodge, du Laos et du Viêtnam.* Tome III. *Amarantacées à Selaginellacées et supplément*, par Alfred Petelot.

2° *A new suspension of the magnetic needle*, par A. Glazewski.

3° *Navorsinge van die Nasionale Museum* (Bloemfontein). Volume I, Stuk 1.

4° The Association of the research Institutes for tuberculosis of national Universities in Japan. *The Japanese Journal of tuberculosis.* Vol. I, n° 1.

5° Académie Serbe des sciences. *Sbornik Radova (Recueil des travaux).* Tome XXXVII. *Institut « Nicola Tesla » pour l'étude des phénomènes électriques*, n° 1.

6° Une série de tirages à part de leurs travaux adressés, par MM. Gérard Waterlot et Antoine Bonte.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Espaces de Beppo Levi et applications.* Note de MM. **Jacques Deny** et **Jacques Louis Lions**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Propriétés d'espaces fonctionnels intervenant en théorie du potentiel et dans certains problèmes aux limites (1).

(1) Un article détaillé va paraître aux *Annales de l'Institut Fourier*.

1. *Espace* $BL_m^0(E)$. — Soit : Ω un ouvert connexe quelconque de R^n ; $\mathcal{D}'_\Omega$ l'espace des distributions ([2]) sur Ω ; $L^p(\Omega) = L^p$ l'espace des (classes de) fonctions de puissance $p^{\text{ième}}$ sommable sur Ω ; E un espace *séparé et complet*, contenu dans $\mathcal{D}'_\Omega$ avec une topologie plus fine. On désigne par $BL_m(E)$ l'espace des distributions T sur Ω telles que D^pT soit dans E pour tout p tel que $|p| = m$; on munit $BL_m(E)$ de la topologie localement convexe la moins fine telle que les applications $T \to D^pT$ soient continues de $BL_m(E)$ dans E. On a

THÉORÈME 1. — *L'espace séparé* $BL_m^0(E)$ *associé à* $BL_m(E)$ *est complet.*

Exemple. — Si $m = 1$, $E = L^2$, on pose $BL_m(E) = BL(\Omega)$, $BL_m^0(E) = BL^0(\Omega)$; pour S et T dans $BL(\Omega)$, on pose $(S, T) = \sum_{i=1}^{n} (\partial/\partial x_i S, \partial/\partial x_i T)_{L^2(\Omega)}$ et pour S^0 et T^0 dans $BL^0(\Omega)$, on pose $(S^0, T^0) = (S, T)$, S (resp. T) quelconque dans S^0 (resp. T^0). Pour cette structure, l'*espace* $BL^0(\Omega)$ *est un espace de Hilbert* ([3]).

2. *Espace* $BL(\Omega)$; *applications.* — Toute distribution T de $BL(\Omega)$ est localement égale dans Ω ([4]) à une fonction de carré sommable ([5]). On dira qu'une fonction F, définie quasi partout dans Ω ([6]), *est une fonction* BL *précisé ; dans* Ω si (a) elle est dans $BL(\Omega)$, (b) pour tout $\varepsilon > 0$ on peut trouver un ouvert ω de capacité $< \varepsilon$, tel que la restriction de F à Ω-ω soit continue ([7]).

On désigne par $\hat{\mathcal{D}}^1(\Omega)$ l'espace de Hilbert complété de $\mathcal{D}_\Omega$ ([2]) pour la structure $\|\varphi\| = \sqrt{(\varphi, \varphi)}$, $\varphi \in \mathcal{D}_\Omega$.

THÉORÈME 2. — *a. Si* $n \geq 3$, $\hat{\mathcal{D}}^1(\Omega)$ *coïncide avec l'adhérence de* $\mathcal{D}_\Omega$ *dans l'espace des fonctions u telles que :* $u \in L^q$, $1/q = 1/2 - 1/n$, *et* $(\partial/\partial x_i)u \in L^2$ *pour tout i, muni de sa topologie naturelle d'espace de Banach. b. Si* $n = 2$, *la condition nécessaire et suffisante pour que* $\hat{\mathcal{D}}^1(\Omega)$ *soit un espace de distributions sur* Ω *est que le complémentaire de* Ω *soit non polaire* ([8]).

THÉORÈME 3. — *Soit* Ω, *quelconque si* $n \geq 3$, *de complémentaire non polaire si* $n = 2$. *Alors toute fonction* $T \in BL(\Omega)$ *admet une décomposition unique de*

([2]) *Voir* SCHWARTZ, *Théorie des distributions*, Paris, Hermann, 1950-1951.

([3]) $BL(\Omega)$ est l'espace de Beppo Levi.

([4]) Au sens des distributions sur Ω.

([5]) On peut préciser : par exemple, si $n \geq 3$, T est localement dans L^q, $1/q = 1/2 - 1/n$.

([6]) i. e. sauf sur un ensemble de capacité extérieure nulle.

([7]) Si $n = 2$, remplacer (b) par (b') : pour tout $\Omega_1 \subset \Omega$, de diamètre ≤ 1, et pour tout $\varepsilon > 0$, il existe un ouvert ω de capacité inférieure à ε, tel que la restriction de F à $\Omega_1 - \omega$ soit continue. On sait [*cf.* DENY, *Les potentiels d'énergie finie*, *Acta Math.*, **82**, 1950, p. 107-183 que : *toute fonction de* BL (Ω) *est presque partout égale à une fonction* BL *précisée*]. *Voir* aussi ARONSZAJN-SMITH, *Functional Spaces and functional completion*, Lawrence, Kansas, 1954.

([8]) Un ensemble e est polaire s'il est de capacité extérieure nulle (pour $n = 2$: si $e \cap K$ a cette propriété, pour tout compact K de diamètre ≤ 1).

la forme

(1) $$T = u + h, \qquad u \in \hat{\mathcal{D}}^1(\Omega), \qquad h \in BL(\Omega) \quad \text{avec} \quad \Delta h = 0$$ [9].

Si l'on muni $BL(\Omega)$ de la structure

$$(S, T)_g = \sum_{i,j=1}^{n} \left(g_{ij} \frac{\partial}{\partial x_j} S, \frac{\partial}{\partial x_i} T \right)_{L^2}, \qquad \text{où} \quad g_{ij} \in L^\infty(\Omega),$$

avec

$$\sum_{i,j=1}^{n} (g_{ij}(x) + \overline{g_{ij}(x)}) \xi_j \overline{\xi_i} \geq a(|\xi_1|^2 + \ldots + |\xi_n|^2) \quad (a > 0) \quad \text{presque partout dans } \Omega,$$

pour tout système de n nombres complexes $\xi_1, \ldots, \xi_n$, alors on a, dans cette structure, une décomposition analogue à (1), mais où h est solution de $Dh = 0$ [10], où

(2) $$D = -\sum_{i,j=1}^{n} \frac{\partial}{\partial x_i} \left(g_{ij} \frac{\partial}{\partial x_j} \right).$$

L'intérêt de (1) résulte du

THÉORÈME 4. — *Sous les hypothèses du théorème* 3, *pour qu'une fonction* BL *précisée dans* Ω *soit dans* $\hat{\mathcal{D}}^1(\Omega)$, *il faut, et il suffit qu'elle admette la pseudo-limite* 0 *quasi partout à la frontière de* Ω *et à l'infini si* $n \geq 3$ [11].

THÉORÈME 5. — *Soit* $\mathcal{G}(x, y)$ *la fonction de Green de l'ouvert* Ω [12]. *Soit* T *donnée quelconque dans* $BL(\Omega)$. *On peut définir quasi partout dans* Ω *l'intégrale :*

$$u^*(x) = -\frac{1}{a_n} \int_\Omega \overrightarrow{\text{grad}}_x \mathcal{G}(x, y) . \overrightarrow{\text{grad}} T(x)\, dx$$ [13].

La fonction u^* *est une fonction* BL *précisée, égale à la fonction* u *de la décomposition* (1).

3. *Remarques sur le problème de Neumann* [14]. — On désigne par $\mathcal{E}^1_{L^2}(\Omega)$

---

[9] Donc $(u, h) = 0$. Ce théorème résout le problème de Dirichlet, pour les opérateurs (2), pour des ouverts Ω connexes quelconques si $n \geq 3$, de complémentaire non polaire si $n = 2$. *Voir* aussi Bochner, Soboleff, Gårding, Viasik, Browder. Le cas des opérateurs d'ordre 2m sera examiné, d'un même point de vue, dans un travail ultérieur.

[10] Cette fois : $(u, h)_g = 0$.

[11] *Voir* BRELOT, *Sur les ensembles effilés* (*Bull. Sc. Math.*, 68, 1944, p. 1-32) ; CARTAN, *Théorie générale du balayage en potentiel newtonien* (*Ann. Univ. Grenoble*, 22, 1946, p. 221-280).

[12] Toujours sous les hypothèses du théorème 3.

[13] $a_n = (n-2) s_n$, $s_n =$ aire de la sphère-unité, $a_n = 2\pi$ si $n = 2$.

[14] On adopte les notations de Lions (I), *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2375; (II), *id.* p. 2470.

l'espace des fonctions $u \in L^2$ telles que $(\partial/\partial x_i)u \in L^2$ pour tout i, et par N l'espace des u de $\mathcal{E}^1_{L^2}(\Omega)$ tels que $\Delta u \in L^2$ et que $(-\Delta u, v)_{L^2} = (u, v)$ pour tout $v \in \mathcal{E}^1_{L^2}(\Omega)$.

THÉORÈME 6. — *L'ouvert Ω est supposé borné. Les conditions suivantes sont alors équivalentes : a. Ω est un ouvert de Nikodym* ([15]); *b. Ω donne lieu à l'inégalité de Poincaré* ([16]); *c.* Δ *applique* N *sur* L^2_0 (sous-espace de L^2 formé des fonctions d'intégrale nulle); *d.* Δ *est un isomorphisme de* N^0 (quotient de N par le sous-espace des constantes) *sur* L^2_0 ([17]).

THÉORÈME 7. — *On suppose que l'ouvert Ω est borné et que l'injection de* $\mathcal{E}^1_{L^2}(\Omega)$ *dans* L^2 *est complètement continue. Alors Ω est un ouvert de Nikodym et la constante de Poincaré* P(Ω) *de Ω est égale à l'inverse de la deuxième valeur propre de l'opérateur* — Δ.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des courbes planes dont le rayon de courbure est une fonction rationnelle de l'abscisse ou de l'ordonnée.* Note de M. **MAURICE PARODI**, présentée par M. Henri Villat.

Nous nous bornerons à étudier les courbes planes d'équation $y = y(x)$, dont le rayon de courbure R est donné par la relation

$$R = \left| \frac{y^n + a_1 y^{n-1} + \ldots + a_{n-1} y + a_n}{b_1 y^{n-1} + \ldots + b_{n-1} y + b_n} \right|, \tag{1}$$

les a_k et les b_k étant des constantes réelles, le cas où R est une fonction rationnelle de x se traitant exactement de la même manière.

Posant $\varepsilon = \pm 1$, l'équation différentielle de ces courbes s'écrit

$$y^n + \sum_{k=1}^{n} y^{n-k} \left(a_k - \varepsilon b_k \frac{(1 + y'^2)^{\frac{3}{2}}}{y''} \right) = 0, \tag{2}$$

et, en revenant à la notation R pour représenter le rayon de courbure, elle prend la forme

$$y^n + \sum_{k=1}^{n} y^{n-k} (a_k - \varepsilon b_k R) = 0. \tag{3}$$

Pour une valeur donnée du rayon de courbure R, le premier membre de cette équation peut être considéré comme un polynome en y et il est possible de l'écrire sous la forme d'un déterminant de structure bien connue. Des résultats classiques indiquent que ce dernier ne peut s'annuler que si

$$\begin{cases} |y| \leq 1, \\ |a_1 - \varepsilon b_1 R + y| \leq \sum_{k=2}^{n} |a_k - \varepsilon b_k R|. \end{cases} \tag{4}$$

([15]) *Voir* ([14]) et NIKODYM, *Fund. Math.*, 21, 1923, p. 129-150.

([16]) *Voir* ([14]), le traité classique de Courant, Hilbert et Soboleff. Leningrad, 1950.

([17]) Ce qui résout le problème de Neumann.

Il en résulte que si l'on se donne la valeur R du rayon de courbure, les ordonnées y des points des courbes intégrales en lesquels le rayon de courbure prend cette valeur, se trouvent dans le domaine formé par la réunion du cercle unité (C_1) et du cercle (C_2) de centre $(-a_1+\varepsilon b_1 R;\ 0)$ et de rayon

$$\rho=\sum_{k=2}^{n}|a_k-\varepsilon b_k R|.$$

Si ces deux circonférences ne se coupent pas et délimitent, chacune, des aires distinctes, c'est-à-dire si l'on choisit pour le rayon de courbure une valeur satisfaisant à l'inégalité

$$(5)\qquad |a_1-\varepsilon b_1 R|>1+\sum_{k=2}^{n}|a_k-\varepsilon b_k R|$$

alors, d'après un théorème de M. Brauer[1], il apparaît qu'il existe une valeur réelle de y et une seule, supérieure en valeur absolue à l'unité, de l'ordonnée des points des courbes intégrales en lesquels le rayon de courbure est égal à R.

Supposons maintenant que la relation (5) étant satisfaite, le nombre n soit pair; il existe dans ces conditions, non seulement une valeur réelle et une seule, de valeur absolue supérieure à l'unité, de l'ordonnée des points des courbes intégrales en lesquels le rayon de courbure prend la valeur R, mais aussi, au moins une valeur réelle, inférieure à l'unité en valeur absolue, de l'ordonnée des points des courbes intégrales où le rayon de courbure a cette même valeur.

En définitive, si l'on donne au rayon de courbure une valeur R satisfaisant à (5), tous les points des courbes intégrales d'ordonnée supérieure à l'unité en valeur absolue, en lesquels le rayon de courbure est égal à R, se situent sur deux parallèles à l'axe des x, symétriques par rapport à cet axe; de plus si n est *pair*, parmi les points des courbes intégrales en lesquels le rayon de courbure prend cette valeur, il s'en trouve sûrement sur deux parallèles à l'axe des x, symétriques par rapport à cet axe, et d'ordonnées à l'origine inférieures à l'unité en valeur absolue.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les isométries infinitésimales et le groupe d'holonomie d'un espace de Riemann.* Note de M. **Robert Hermann**, présentée par M. Joseph Pérès.

On indique un théorème généralisant quelques remarques de A. Lichnerowicz [1] sur les groupes à un paramètre d'isométries d'un espace de Riemann dont le groupe d'holonomie est semi-simple ou irréductible. Application à la classification des formes harmoniques sur une variété riemannienne compacte symétrique.

[1] *Duke math. Journ.*, 13, 1940, p. 387.

[1] *Colloque de géométrie différentielle*, Strasbourg, 1935, p. 175-177.

1. Soit V_n une variété connexe différentiable de classe C^∞. Soit $x \in V_n$, U un voisinage de x, $A = \Sigma A^p$ l'anneau gradué des formes différentiables de classe C^∞ défini dans U. Soit $A^p_{m,k}$ les $(m \times k)$ matrices dont les éléments sont pris dans A^p. Nous employons les conventions habituelles concernant la multiplication et l'addition des matrices. Si $\theta \in A^p_{n,n}$ et L est une sous-algèbre de l'algèbre de Lie de toutes les $(n \times n)$ matrices réelles L_n nous dirons par abus de langage que $\theta \in L$ au point x si la valeur de θ sur chaque p-vecteur tangent à x appartient à L. Si $\theta_1, \ldots, \theta_s \in A^p_{n,n}$, définissons $L_x(\theta_1, \ldots, \theta_s)$ comme étant la plus petite sous-algèbre de L_n telle que $\theta_1, \ldots, \theta_s \in L_x(\theta_1, \ldots, \theta_s)$ en x. On dit que x est un point régulier par rapport à $\theta_1, \ldots, \theta_s$ si $L_y(\theta_1, \ldots, \theta_s) = L_x(\theta_1, \ldots, \theta_s)$ pour tous les points y dans un voisinage de x.

2. Si η est un champ de vecteurs dans U, $\psi \in A^p_{m,k}$, définissons $\eta(\psi)$ comme étant la dérivée de Lie de ψ par rapport au groupe à un paramètre engendré par η. Donc, pour chaque ψ, $\psi' \in A^p_{i,m}$, $\gamma \in A^p_{m,k}$, nous avons :

$$\eta(\psi' + \psi) = \eta(\psi') + \eta(\psi);$$
$$\eta(\psi \wedge \gamma) = \eta(\psi) \wedge \gamma + \psi \wedge \eta(\gamma); \qquad d\eta(\psi) = \eta(d\psi).$$

3. Soit $\theta \in A^1_{n,n}$: Définissons (la « matrice de courbure »)

$$\Omega = d\theta - \theta \wedge \theta \in A^2_{n,n}.$$

Soit, pour $q \geqq 1$, $D^q(\Omega)$, (la $q^{\text{ième}}$ « dérivée covariante » de Ω), $= d(D^{q-1}(\Omega)) - \theta \wedge D^{q-1}(\Omega) + (-1)^{q-1} D^{q-1}(\Omega) \wedge \theta \in A^{q+2}_{n,n}$ et posons $\tilde{H} = L_x(\Omega, D(\Omega), \ldots)$ (« l'algèbre d'holonomie »).

Soit $\omega = (\omega_1, \ldots, \omega_n) \in A^1_{n,1}$ une base pour A^1 comme A^0-module, et soit η un champ de vecteurs. Il existe $a \in A^0_{n,n}$ tel que $\eta(\omega) = a\omega$. Admettons que η vérifie la condition suivante :

(α) : $da = \eta(\theta) + \theta \wedge a - a \wedge \theta$. Nous déduisons de (α) :

$$0 = \eta(d\theta) + d\theta \wedge a - \theta \wedge (\eta(\theta) + \theta \wedge a - a \wedge \theta) - (\eta(\theta) + \theta \wedge a - a \wedge \theta) \wedge \theta - a d\theta$$
$$= \eta(\Omega) + \Omega a - a\Omega.$$

Par induction sur q, on démontre :

LEMME I. — *Si η vérifie la condition (α) on a*

$$\eta(D^q(\Omega)) + D^q(\Omega)\, a - a D^q(\Omega) = 0.$$

Du lemme I et du théorème bien connu affirmant que chaque automorphisme infinitésimal d'une algèbre de Lie semie-simple est intérieur, on déduit :

THÉORÈME I. — *Si η vérifie la condition (α), si de plus x est un point régulier et si $\tilde{H}$ est semi-simple, alors $L_x(a) \in \tilde{H} +$ centralisateur de $\tilde{H}$ dans L_n.*

Du théorème I on déduit facilement une démonstration d'un théorème de K. Yano (²) : chaque groupe a un paramètre d'isomorphismes affines d'une variété riemannienne compacte est un groupe d'isométries.

(²) *Curvature and Betti Numbers*, Princeton, 1953, p. 58.

4. Nous suivons maintenant la terminologie de S. S. Chern ([3]), ([4]). Supposons donnée une G-structure sur V_n, où G est un sous-groupe du groupe orthogonal réel $O(n)$. Soit $\tilde{G}$ l'algèbre de Lie de G, une algèbre de $(n \times n)$ matrices. Donc, il existe une connexion affine canonique sur V_n, canonique au sens qu'elle donne la solution au problème d'équivalence pour la G-structure. La G-structure est dite *sans torsion* si cette connexion affine est sans torsion. Nous donnons l'interprétation suivante aux calculs des paragraphes 1-3 : ω définit un repère pour la G-structure, θ est la matrice des formes définissant cette connexion par rapport au repère ω. Nous admettons que chaque point de V_n est un point régulier et alors, par un théorème de Chevalley ([5]), $\tilde{H}$ est l'algèbre de Lie du groupe d'holonomie. η définit un groupe à un paramètre d'automorphismes de la connexion affine s'il vérifie (α).

THÉORÈME 2. — *Soit* V_n *munie d'une* G-*structure sans torsion* $(G \subset O(n))$ *et vérifiant l'une des hypothèses suivantes :* $\tilde{G} \supset \tilde{H} +$ *centralisateur de* $\tilde{H}$ *dans* $\widetilde{O(n)}$ *et* 1° $\tilde{H}$ *semi-simple;* 2° $\tilde{H}$ *irréductible. Alors tout groupe à un paramètre d'isométries de la structure riemannienne est de plus un groupe d'automorphismes de la* G-*structure.*

THÉORÈME 3. — *Admettons l'une des hypothèses du Théorème* 2 *et supposons de plus que* V_n *est compact et que la structure riemannienne est symétrique. Pour chaque* $x \in V_n$, G *a une classe de représentations linéaires dans l'espace des p-covecteurs au point x. Soit* $B_x^p(B_x^q)$ *un sous-espace linéaire des p-covecteurs (q-covecteurs) invariant par* G *et soit* j_x *une application linéaire :* $B_x^p \to B_x^q$ *qui commute avec les opérations de* G *et qui dépend de manière différentiable de x. Soit* $B^p(B^q)$ *le sous-espace correspondant des formes différentiables sur* V_n *et soit* $j : B^p \to B^q$ *l'application correspondante. Alors, si* $\sigma \in B^p$ *est harmonique,* $j(\sigma)$ *est harmonique.*

Le théorème 3 est une généralisation partielle d'un théorème de S. S. Chern ([4]). Il l'a démontré pour une G-structure sans torsion quelconque (sans hypothèses restrictives) mais seulement pour les applications j qui sont projections. De plus, son théorème se démontre par des calculs difficiles ; ici, le théorème 3 se déduit du théorème 2 presque sans calculs. Remarquons que la propriété qui intervient ici d'un espace symétrique compact est que les formes harmoniques sont exactement les formes dont la dérivée de Lie par rapport à chaque champ de vecteurs de Killing est nulle ([5]). Remarquons de plus, avec Chern, que c'est une généralisation des théorèmes classiques de Hodge sur la classification des formes harmoniques sur une variété kählerienne.

([3]) *Colloque de géométrie différentielle*, Strasbourg, 1953, p. 119-137.

([4]) *Annals of Mathematics, Lefschetz Jubilee Volume*, à paraître.

([5]) K. NOMIZU, *American Journal of Mathematics*, 76, p. 33-65.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Le mouvement brownien à $n = 2p + 1$ paramètres.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous indiquons quelques formules relatives aux valeurs moyennes de la fonction du mouvement brownien sur des sphères concentriques. Elles établissent une relation curieuse entre cette fonction et celle du mouvement brownien linéaire, et mettent en évidence une régularité qui croît avec n.

1. Soient A un point de l'espace euclidien E_n, $X(A)$ la fonction du mouvement brownien, et $\overline{M}(t)$ la moyenne de $X(A)$ sur la sphère $OA = t$. La fonction aléatoire gaussienne $M(t) = \overline{M}(t) - X(O)$ est bien définie par sa covariance qui, pour $n = 2p + 1$ et $t' > t$, s'écrit

$$\Gamma(t, t') = \frac{1}{2}(t + t' - \rho_n) = \frac{t}{2} + \frac{t^2}{t'} P\left(\frac{t^2}{t'^2}\right), \tag{1}$$

P étant un polynome de degré $p - 1$; ρ_n est la distance moyenne de deux points A et A′ qui décrivent les sphères $OA = t$ et $OA' = t'$. Elle croît avec n de $\rho_1 = t'$ à la valeur limite $\rho_\infty = \sqrt{t^2 + t'^2}$; pour n pair, ρ_n est une intégrale elliptique.

Si $n = 3$, $6t'\Gamma(t, t') = 3tt' - t^2$, ce qui permet d'identifier $M(t)$ avec l'intégrale

$$M(t) = \int_0^t \left(1 - \frac{u}{t}\right) \xi_u \sqrt{du}, \tag{2}$$

les ξ_u étant des variables gaussiennes réduites, toutes indépendantes. $M(t)$ et $\Phi(t) = tM(t)$ sont donc dérivables, et $\Phi'(t)$ s'identifie avec la fonction de Wiener

$$W(t) = \int_0^t \xi_u \sqrt{du}. \tag{3}$$

On a alors, pour $t' > t$ et $\delta t > 0$, les formules

$$M(t') = M(t) + \frac{t(t' - t)}{t'} M'(t) + \sigma'\xi \qquad \left[\sigma'^2 = \int_t^{t'} \left(1 - \frac{u}{t'}\right)^2 du = \frac{(t' - t)^3}{3t'^2}\right], \tag{4}$$

$$\delta M(t) = M'(t)\left(1 - \frac{dt}{t}\right) dt + \xi \frac{dt}{t} \sqrt{\frac{dt}{3}}, \qquad \delta[t^2 M'(t)] = t\xi' \sqrt{dt}, \tag{5}$$

les ξ étant des variables gaussiennes indépendantes des valeurs de $M(\tau)$ pour $\tau \leq t$. On peut y remplacer $M(t)$ par $\overline{M}(t)$; (5) est une équation du second ordre, où le terme en dt^2 ne peut pas être supprimé. Ces formules donnent à l'ensemble $M(t)$, $M'(t)$ un caractère markovien. Mais à cause de la condition $M(0) = 0$, l'étude de $(M\tau)$ dans $(0, t)$ est un problème d'interpolation, et, si $\overline{M}(t)$ et $M'(t)$ sont connus, on a

$$X(O) = \overline{M}(t) - \frac{t}{2} M'(t) + \frac{\xi}{2}\sqrt{t}, \tag{6}$$

ξ étant ici indépendant des $\overline{M}(t')(t' \geq t)$. L'écart type conditionnel σ, qui est $\sqrt{t/3}$ quand $M(t)$ est seul connu, est ici plus petit.

2. Pour $n = 5$, on peut poser

$$(7) \qquad M(t) = \int_0^t \left[\left(1 - \frac{u}{t}\right)^3 X_u + \left(1 - \frac{u}{t}\right)^2 Y_u \right] \sqrt{du},$$

X_u et Y_u étant, pour chaque u, des variables gaussiennes liées, dont les moments A, B, C vérifient les relations $3A + 7B = -6$, $C = 3.M(t)$ et $\Phi(t) = t^3 M(t)$ sont donc deux fois dérivables. En choisissant A et B de manière que $B^2 = AC$, on obtient pour $\Phi''(t)$ les expressions simples

$$(8) \qquad \Phi''(t) = 2\int_0^t (2t - u)\xi_u \sqrt{3\,du} \quad \text{et} \quad 2\int_0^t (3t - 4u)\xi_u \sqrt{3\,du}.$$

Si $M(\tau)$ est connu dans $(0, t)$, la première expression se prête bien à l'étude de son prolongement. Elle conduit à l'équation différentielle stochastique

$$(9) \qquad \delta\Phi''(t) = 2\,\frac{t\Phi''(t) - \Phi'(t)}{t^2}\,dt + 2t\xi\sqrt{3\,dt} \qquad (dt > 0),$$

et, pour l'écart type conditionnel σ' de $M(t')(t' > t)$, à la formule

$$(10) \qquad \sigma'^2 = 3\int_0^{t'-t} \left(\frac{u^3}{3t'^3} - \frac{u^2}{t'^2}\right)^2 du = \frac{(t'-t)^5(33t'^2 + 25t't + 5t^2)}{105\,t'^6}.$$

La seconde expression (8) est au contraire préférable quand $\overline{M}(\tau)$ est connu dans $(t, +\infty)$. Elle conduit pour l'écart type conditionnel σ de X(O) à la formule

$$(11) \qquad \sigma^2 = 3t \operatorname*{Min}_{\lambda,\mu} \int_0^1 [2u^3 - u^2 + \lambda(3u^3 - 4u^2 + u) + \mu(5u^2 - 6u + 1)]^2 du = \frac{3t}{16}.$$

3. Malgré la complication croissante des calculs, mise en évidence par la formule (11) [pour $n = 3$, le polynome à intégrer est $(1 - \lambda u)^2$], on peut montrer que, pour $n = 2p + 1$, $M(t)$ est p fois dérivable, et que la partie aléatoire de $\delta M(t)$, quand $M(\tau)$ est connu dans $(0, t)$, est de la forme $c_n \xi \sqrt{t}\,(dt/t)^{n/2}$. Ce résultat, lié à ce que les dérivées d'ordres $1, 2, \ldots, n-1$ de $\Gamma(t, t')$ sont continues pour $t' = t$, subsiste si $n = 2p + 2$. On peut aussi l'expliquer en observant que, pour dt/t très petit, $\delta M(t)$ est à peu de chose près une somme de termes presque indépendants, dont le nombre croît avec n.

Pour n infini, c'est-à-dire dans l'espace de Hilbert, X(A) et $M(t)$ sont presque sûrement bien définis, et, quoique X(A) soit discontinu, $M(t)$ est indéfiniment dérivable. Pourtant le hasard intervient à chaque instant; la partie aléatoire de $\delta X(t)(dt > 0)$, est de la forme $\xi\sqrt{t}\ \omega(dt/t)$, avec $\omega(u) = o(u^n)$ $(u \to 0$, n quelconque).

L'écart type σ relatif à l'origine, quand $X(A)$ est connu dans toute la région extérieure à la sphère $OA = t$, est une fonction décroissante de n, toujours $< \sqrt{\Gamma(t, t)}$. Sa limite semble être positive ([1]), puisque, pour n infini, la fonction $\overline{M}(t)$ reste constamment aléatoire quand t croît; elle l'est sans doute aussi quand t décroît.

Rappelons qu'en posant $t = e^{2x}$, $M(t) = e^x U(x)$, on est ramené, pour $U(x)$, à un processus gaussien stationnaire. Pour n infini, la covariance de $U(x)$ est

$$E\{U(x)U(x+a)\} = \operatorname{ch} a - \sqrt{\frac{\operatorname{ch} 2a}{2}} = \frac{1}{2\operatorname{ch} a + \sqrt{2\operatorname{ch} 2a}}.$$

La fonction aléatoire gaussienne $U(x)$ définie par cette covariance est presque sûrement indéfiniment dérivable.

AÉROTHERMIQUE. — *Mesures thermiques dans le choc de condensation.* Note (*) de MM. **Edmond-A. Brun** et **Max Plan**, présentée par M. Gustave Ribaud.

1° En une section d'un filet fluide où la température est θ et la vitesse u, la température de réservoir θ_r est définie par la relation $\theta_r = \theta + (u^2/2c_p)$ dans laquelle c_p désigne la chaleur spécifique moyenne entre les températures θ et θ_r mesurée en unités mécaniques.

Cette température de réservoir se conserve le long du filet fluide, même si l'on traverse une onde de choc, à la condition cependant que le fluide ne subisse pas de transformation physique ou chimique mettant en jeu une chaleur latente.

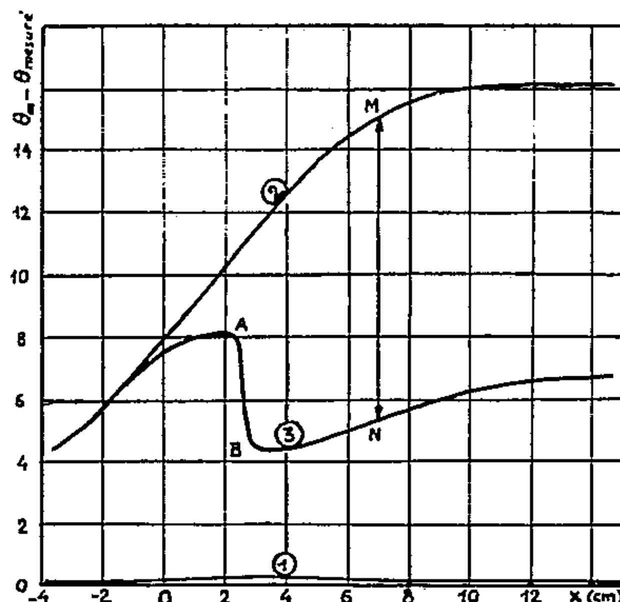
En particulier, le long de l'axe d'une tuyère convergente-divergente, telle que celle que constitue l'entrée de la veine d'un tunnel supersonique, la température de réservoir reste constante si l'air est parfaitement sec. Si l'air est humide, le refroidissement qui accompage la détente dans la tuyère provoque une condensation de la vapeur d'eau et, par suite, un dégagement de chaleur dans la veine; de ce fait, la température de réservoir s'élève. Il y a d'ailleurs toujours retard à la condensation, de sorte que le brouillard, visible par effet Tyndall, se produit d'une manière brutale à l'aval du col (choc de condensation); sa formation entraîne une élévation brusque de la température de réservoir qui, dans le cas de l'air atmosphérique, est d'une dizaine de degrés centésimaux. Étant donné le fort abaissement de température dans la région supersonique, le choc de condensation se produit même pour des humidités relatives très faibles.

([1]) *Cf.* P. Lévy, *Mémorial des Sc. math.*, 126, note de la page 78. Une phrase mal rédigée semble affirmer ce résultat, alors que nous avions seulement démontré que $\Gamma(t, t)$ ne tend pas vers zéro pour n infini.

(*) Séance du 3 novembre 1954.

2° Nous avons déplacé, le long de l'axe de la tuyère, un thermomètre d'arrêt de petites dimensions fondé sur le principe du ralentissement d'un filet fluide dans un petit tube présentant une striction ([1]).

En air parfaitement sec, le thermomètre d'arrêt donne bien la même indication qui est la température de réservoir, constante et égale à θ_∞ (θ_∞, température à l'amont de la tuyère).



Cependant, comme le montre la courbe 1 de la figure, l'écart $\theta_\infty - \theta_{\text{mesuré}}$ est également nul, à 0,2°C près, dans le cas d'un air humide; ce résultat s'explique par le fait qu'en passant dans le thermomètre d'arrêt, les gouttelettes d'eau formées s'évaporent en totalité, l'effet thermique provoqué par la condensation étant ainsi annulé par celui qu'entraîne l'évaporation ([2]).

D'une manière générale, dans le cas d'un fluide dont l'état physique se modifie, la température indiquée par un thermomètre d'arrêt est différente de la température de réservoir à l'endroit où se trouve placé le thermomètre, car la présence de celui-ci provoque un changement d'état perturbateur. Dans le cas particulier du thermomètre d'arrêt que nous avons utilisé, il se trouve que la température mesurée par le thermomètre d'arrêt est toujours la température à l'infini amont.

3. Dans le cas d'un choc de condensation, c'est la mesure de la température de frottement, θ_f, qui permet d'atteindre avec le plus de sûreté la température locale de réservoir, θ_r, et, par suite, la température statique $\theta = \theta_r - (u^2/2c_p)$. Il suffit de déterminer, au préalable, dans de l'air parfaitement sec, le facteur thermique pariétal $r = (\theta_f - \theta)/(\theta_r - \theta) = (\theta_f - \theta)/(u^2/2c_p)$ du thermomètre

([1]) Ce thermomètre d'arrêt, qui a fait l'objet d'une longue étude, permet la mesure de la température de réservoir à une précision de l'ordre du dixième de degré (E. Brun et M. Plan, *Journ. des Rech. du C. N. R. S.*, n° 8, 1949).

([2]) Cette évaporation étant totale dans le temps (très court) de passage à l'intérieur du thermomètre d'arrêt, on est conduit à penser que les gouttelettes sont de dimensions très petites; c'est la conclusion à laquelle nous étions déjà arrivés par étude spectroscopique de la lumière diffusée par le brouillard.

de frottement utilisé, et cela pour tout le domaine de vitesse intéressé. Le thermomètre de frottement que nous avons employé est constitué par un cylindre en plexiglas de 6 mm de diamètre, à génératrices parallèles à la vitesse et présentant, à l'amont, une ogive de 20 mm de longueur. La soudure d'un thermocouple affleure parfaitement la surface du cylindre à une distance de la pointe de l'ogive égale à 35 mm. Nous avons déplacé ce thermomètre le long de l'axe d'une tuyère d'entrée d'une veine supersonique de nombre de Mach 1,85 (l'abscisse $x = 0$ correspond au col de la tuyère).

La courbe 2 donne les valeurs de la différence $\theta_\infty - \theta_{mes}$ en fonction de l'abscisse, *dans le cas de l'air très sec*. La valeur de r, égale à $1 - (\theta_\infty - \theta_{mes})/(u^2/2\, c_p)$ ne s'éloigne pas de la valeur classique $\sqrt{\mathfrak{T}}$.

La courbe 3 donne les valeurs de $\theta_\infty - \theta_{mes}$ dans le cas d'un air dont l'humidité relative est de 0,8. On notera le brusque échauffement marqué par la diminution AB de la différence $\theta_\infty - \theta_{mes}$ à 2,5 cm à l'aval du col; cet échauffement correspond à l'apparition du choc de condensation. La température continue à s'élever au-delà de ce choc. La température locale de réservoir en une section d'abscisse x s'obtient pratiquement en ajoutant, à la température à l'infini amont θ_∞, la différence MN des ordonnées correspondant à l'abscisse x des deux courbes 2 et 3.

4. Les expériences ont été répétées avec de l'air partiellement desséché. Le thermomètre de frottement décèle une condensation, à l'aval du col, même pour des humidités relatives très faibles (0,04, par exemple) pour lesquelles le choc de condensation n'est pas visible en strioscopie. Ainsi, il est important de noter que les mesures en soufflerie peuvent être affectées par la condensation au col, même si l'humidité est faible et si aucune visualisation du choc n'est possible. L'étude systématique du choc de condensation par le thermomètre de frottement doit permettre de préciser le degré de dessiccation à atteindre dans l'alimentation des tunnels supersoniques pour être à l'abri de tout effet de condensation.

AÉROTHERMIQUE. — *La réalité de « l'effet de puits » en convection naturelle.* Note de M. **Jules Fleury**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Pierre Vernotte a indiqué, autrefois, à la suite d'expériences de refroidissement ou de réchauffement spontané, à l'air libre, d'une masse de mercure contenue dans un vase de Dewar plus ou moins complètement empli, qu'il y avait, lorsque le mercure n'affleurait pas au bord du vase, *dyssymétrie* entre les échanges thermiques selon que le mercure était plus *froid* ou plus *chaud* que l'air ambiant : ce qui se comprend aisément, l'air extérieur, quand il est plus chaud, ne tendant pas à descendre jusqu'au mercure froid, au fond du « puits » d'air constitué par la portion non emplie du vase, de sorte que la convection se trouve moins active.

Le coefficient d'échange brut, alors mesuré, unissait les effets de la convection naturelle, du rayonnement par la surface latérale et par la surface libre du mercure, et surtout, comme ledit auteur l'a constaté par la suite, de la conduction le long de la paroi de verre (qui n'est pas tellement mince), effet inattendu semblant notable. Pour démêler cet ensemble complexe, et en particulier isoler les effets convectifs, nous avons, sur les indications de M. Vernotte, entrepris des expériences dans des conditions aussi bien définies que possible, avec le matériel rudimentaire mais cependant suffisant dont nous disposions.

Le vase de Dewar, de 6 cm de diamètre intérieur et de 20 cm de profondeur, était placé, bien dégagé, dans une enceinte métallique close calorifugée isotherme. Les conditions du rayonnement, qui restaient complexes, étaient ainsi bien définies, ainsi que celles de la convection; il en était de même des échanges paroi-mercure par suite du contact parfait. La profondeur du puits était déterminée et reproduite avec précision par pesée du mercure : elle a varié entre 1 et 19 cm.

Les flux de chaleur étaient évalués, selon la technique de Pierre Vernotte [1] (dérivation par rapport au temps de la loi de température T_c relevé au centre de la masse de mercure, correction pour la différence avec la température superficielle T_s commandant la convection, et réduction de la loi à une seule exponentielle), par observation de la température du mercure, préalablement mis en contact avec un bécher contenant de l'eau chaude ou de la glace.

Nous avons séparé les effets convectifs en utilisant la loi de Pierre Vernotte, de la proportionnalité de leur coefficient à la puissance 1/6 de l'écart Δ de température, alors que les autres phénomènes sont régis par des coefficients à peu près constants pour des écarts Δ d'une dizaine de degrés au plus. Pour mieux voir jouer l'influence de $\Delta^{1/6}$, nous avons pris en considération surtout les écarts très faibles (et alors caractéristiques) compris entre 0°,5 et 3°, les écarts de 10 à 15 degrés permettant de préciser l'allure des courbes.

Les mesures ont été extrêmement nombreuses et variées, et ont porté sur quatre années. Elles ont été souvent d'une interprétation délicate par suite de la grande lenteur du phénomène thermique quand le puits d'air, peu profond, contient beaucoup de mercure, et surtout par l'influence des variations inévitables de la température du laboratoire. La difficulté était encore accrue par la petitesse de Δ.

Quoi qu'il en ait été, nos conclusions sont très sûres. Si, pour les diverses profondeurs de puits, on construit le graphique du coefficient d'échange global en fonction de $\Delta^{1/6}$, pour le mercure convectant chaud ou froid, on obtient un ensemble de groupes de deux droites semblant de même ordonnée à l'origine h_0, ordonnée qui correspond au rayonnement et à la conduction le long

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1855.

de la paroi, les pentes diminuant quand augmente la profondeur du puits; mais, dans le cas du mercure froid, cette pente, tout d'abord confondue avec celle du mercure chaud, diminue *bien plus vite* : elle est devenu sensiblement nulle pour une profondeur de 12 cm : tout phénomène de convection disparaît alors, le coefficient d'échange proportionnel à Δ (conduction par la paroi et rayonnement) représentant à peu près le tiers du coefficient global pour mercure chaud relatif à l'écart $\Delta = 10°$, pour la même profondeur de puits, et le sixième du coefficient global, dans les mêmes conditions, relatif au vase plein (0,0014 J/cm^2.degré).

Les expériences ont même permis de rendre compte de la variation de l'ordonnée à l'origine h_0 avec la profondeur, l'effet de la conduction le long de la paroi diminuant selon une loi de forme prévisible quand augmente la profondeur, alors que le rayonnement augmente, le dispositif se rapprochant du corps noir. Pour une profondeur égale seulement au diamètre 6 cm, la pente relative au mercure froid vaut encore le tiers de celle relative au mercure chaud.

L'*effet de puits* est donc réel, ce qui montre que les couches d'air au-dessus du contenu froid ont une certaine stabilité; mais il ne semble annuler vraiment la convection naturelle que si la profondeur du puits atteint au moins deux fois son diamètre.

AÉROTHERMIQUE. — *Étude de la convection forcée et naturelle dans le cas de fils disposés parallèlement au vent.* Note de M. **Léonidas Petrou**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les études expérimentales de la dissipation de la chaleur par les fils sont assez nombreuses, tant en convection naturelle, qu'en convection forcée, mais elles sont presque toutes relatives à une disposition du fil perpendiculairement au courant fluide refroidissant.

Nous nous sommes proposé de mesurer la dissipation dans un courant d'air parallèle au fil.

Nous avons expérimenté sur des fils tendus verticalement suivant l'axe d'un tube parcouru ou non par un courant d'air. La détermination des coefficients de convection a été faite de deux façons :

1° On a mesuré par les procédés électriques classiques la température *moyenne* du fil et la puissance qu'il dissipe, les expériences permettent d'obtenir un coefficient moyen.

2° On a mesuré au pyromètre optique la répartition des températures le long du fil dans la région où il est lumineux. L'origine étant prise sur la borne inférieure, on connaît ainsi la température locale à l'abscisse x. On peut en déduire la résistance électrique du fil par centimètre de longueur à cette abscisse

et, connaissant l'intensité du courant électrique, calculer la puissance dissipée. Le calcul du coefficient local s'en suit immédiatement.

Premières expériences. — Nous avons utilisé quatre fils de diamètre 25, 51, 134, et 206 μ. Les températures expérimentées ont varié de 100 à 800°C et les vitesses sont allées jusqu'à 12 m/sec (l'écoulement est toujours turbulent).

En convection naturelle les résultats des mesures sont représentés correctement par la formule

$$\alpha_0 = 0,020\, d^{-0,72}\, \theta^{0,33} . 10^{-3}. \qquad (1)$$

α_0 est le coefficient de convection, d le diamètre et θ l'élévation de température. Les quantités de chaleur sont mesurées en calories et les autres grandeurs en unités C. G. S.

On remarquera que l'écart de température intervient à la puissance 1/3 et non 1/4, valeur usuelle valable pour les corps de faible courbure.

Le coefficient de convection forcée peut s'écrire :

$$\alpha = \alpha_0 + \alpha_1 \qquad (2)$$

α_0 étant le coefficient de convection naturelle et α_1 un terme complémentaire *qui ne dépend pas de la température.* La loi usuelle de proportionnalité de la puissance dissipée à l'écart de température s'applique donc à la différence entre la puissance effectivement dissipée et celle qui serait dissipée dans les mêmes conditions en l'absence de courant d'air. (Courant d'air produit artificiellement en dehors de celui de convection naturelle.)

Les mesures faites à des écarts de températures et à des vitesses variées conduisent à exprimer le coefficient de convection forcée par :

$$\alpha = \alpha_0 + k u^{0,70} d^{-0,72} = d^{-0,72}\left[\mathrm{A}\theta^{\frac{1}{3}} + \mathrm{B} u^{0,70}\right] \qquad (3)$$

où $\mathrm{A} = 20,2 . 10^{-6}$ et $\mathrm{B} = 1,6 . 10^{-6}$, avec les mêmes unités que plus haut.

La formule (3) représente l'expérience à environ 10 % près, c'est-à-dire avec une précision nettement inférieure à celle des expériences elles-mêmes, elle constitue cependant une approximation acceptable [1].

Expériences pyrométriques. — Elles ont été effectuées sur deux fils de même diamètre (134 μ) et de longueur 13,5 et 21,6 cm. Pour une température moyenne de 750° la région lumineuse s'étend de 1 cm environ au-dessus de la borne inférieure, à 2 mm de la borne supérieure. La température dont le maximum est de 800°, ne varie que d'une centaine de degrés dans les limites indiquées ci-dessus. Les variations importantes de la température se produisent donc sur des longueurs relativement restreintes au voisinage des bornes.

Le coefficient local de convection reste constant sur la presque totalité de la

(1) On notera que la loi de diamètre et la loi de vitesse sont identiques à celles indiquées par Heymès pour le frottement le long des fils (*Thèse*, Paris, 1948).

longueur du fil accessible aux mesures optiques. Voici quelques nombres ; x est l'abscisse en centimètres comptée à partir de la borne inférieure :

x.	6,6.	11,6.	16,6.	21,6.
$\alpha.10^3$	8,90	8,75	8,75	8,65

On n'observe pas le résultat théorique, valable pour des corps de faible courbure, d'un coefficient décroissant constamment lorsque x augmente.

Cette non variation du coefficient local, au delà d'une abscisse x relativement faible, est confirmée par quelques expériences de mesure du coefficient moyen, sur des fils de longueurs variées, et à diverses températures. A la précision des expériences, qui est de l'ordre de 7 à 8 %, nous n'avons pas pu mettre en évidence une différence du coefficient moyen, lorsque la longueur varie de 13 à 33 cm.

RELATIVITÉ. — *Le champ électromagnétique singulier.* Note de M. **Louis Mariot**, présentée par M. Joseph Pérès.

Étude locale. Problème de Cauchy. Permanence du champ singulier.

1. Dans la variété espace-temps V_4 de la relativité générale de tenseur fondamental $g_{\alpha\beta}$ (α, β, ..., $=0$, 1, 2, 3), soit un domaine occupé par un champ électromagnétique pur $F_{\lambda\mu}$ et soit $\tau_{\alpha\beta}$ le tenseur d'énergie de Maxwell qui lui est associé.

Si en un point de ce domaine, le champ est *singulier*, il satisfait à $\Psi = F \wedge F = 0$, $\Phi = F \wedge \star F = 0$ et $\tau_{\alpha\beta} = P^2 . l_\alpha l_\beta$, le vecteur $\vec{l}$ définissant la direction propre isotrope du champ singulier, P^2 sa densité énergétique (à un facteur près). L'expression :

$$4k^2 = \Psi^2 + \Phi^2 \qquad (1)$$

est alors nulle, k, k, $-k$, $-k$ étant dans le cas général les valeurs propres du tenseur d'impulsion-énergie du champ électromagnétique ([1]).

Dans une Note précédente ([2]), nous avons établi que les trajectoires des directions propres isotropes du champ singulier sont les géodésiques de longueur nulle du ds^2.

2. Ce résultat ne prend toute sa signification que s'il est possible de montrer la permanence dans l'espace-temps du caractère singulier d'un champ électromagnétique. Nous devons alors étudier le problème de Cauchy relatif à un tel champ et nous établissons :

([1]) Lichnerowicz, Cours du Collège de France, 1952-1953 (ronéotypé), dont nous prenons les notations.

([2]) L. Mariot, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2055.

THÉORÈME. — *Étant donné un champ électromagnétique singulier sur une hypersurface* S *orientée dans l'espace, ce champ reste singulier en dehors de* S.

Le raisonnement s'effectue en partant d'une formule indiquée par Ruse ([3]) et Debever ([4]) valable pour un champ électromagnétique pur :

$$(2) \qquad \tau^{\alpha\rho}\tau_{\beta\rho} = k^2 . g^{\alpha}_{\beta}.$$

Nous supposerons que S est localement représentée par l'équation $x^0 = 0$. Sur S, nous avons $\tau_{\alpha\beta} = P^2 . l_\alpha l_\beta$, $k^2 = 0$, donc

$$\nabla_i \tau_{\alpha\beta} = \nabla_i (P^2 . l_\alpha l_\beta), \qquad \partial_i k^2 = 0 \qquad (i = 1, 2, 3).$$

Nous voulons montrer que $\partial_0 k^2 = 0$.

La divergence du premier membre de (2) donne

$$\nabla_\alpha (\tau^{\alpha\rho}\tau_{\beta\rho}) = \partial_\beta k^2.$$

Compte tenu de $\nabla_\alpha \tau^{\alpha}_{\rho} = 0$, le développement des calculs conduit à

$$\tau^{0\rho}\nabla_0 \tau_{\beta\rho} + \tau^{i\rho}\nabla_i \tau_{\beta\rho} = \partial_\beta k^2.$$

On voit facilement que $\tau^{i\rho}\nabla_i \tau_{\beta\rho}$ est nul puisque $l^\rho l_\rho = 0$ et $l^\rho \nabla_i l_\rho = 0$. Par multiplication contractée par l^β il vient

$$P^2 . l^0 l^\beta l^\rho \nabla_0 \tau_{\beta\rho} = l^0 \partial_0 k^2 \qquad \text{puisque} \quad \partial_i k^2 = 0.$$

Si l_0 n'est pas nul ($l^0 = 0$ indique que l'hypersurface S choisie est tangente à la direction l, cas que nous écartons)

$$(3) \qquad \tau^{\beta\rho}\nabla_0 \tau_{\beta\rho} = \partial_0 k^2.$$

D'autre part, l'équation (2) entraîne

$$(4) \qquad \tau^{\beta\rho}\tau_{\beta\rho} = 4k^2, \qquad \tau^{\beta\rho}\nabla_0 \tau_{\beta\rho} = 2\partial_0 k^2$$

La comparaison des équations (3) et (4) prouve que $\partial_0 k^2 = 0$; donc au voisinage de S $\Psi = 0$, $\Phi = 0$.

3. En utilisant uniquement les équations de Maxwell relatives à un champ électromagnétique pur, nous avons montré l'existence possible d'un fluide de photons, dont les trajectoires sont les géodésiques isotropes de l'espace-temps (rayons lumineux), et satisfaisant au « déterminisme relativiste » ([5]).

([3]) RUSE, *Proc. London Math. Soc.*, 41, 1936, p. 302-322.

([4]) DEBEVER, *Colloque Géométrie Diff. Louvain* (1951), les espaces de l'électromagnétisme éq. 2-15, p. 221, Paris, Masson.

([5]) LICHNEROWICZ, *Ibid.*, chap. II, p. 25.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Construction d'une solution à singularité mobile de l'équation* $\square u - ku = 0$. Note de M. **Francis Fer**, présentée par M. Louis de Broglie.

La construction proposée est du même type que celle utilisée pour l'équation $\square u = 0$ [1] : utilisation d'un potentiel de ligne comportant une singularité linéaire mobile sur une trajectoire arbitraire. La solution obéit à la formule du guidage. On donne une application au problème des interférences par photon isolé.

1. Pour étendre à l'équation $\square u - ku = 0$ (où k est une constante positive) le procédé utilisé dans ma Note précitée à propos de l'équation $\square u = 0$, il suffit d'utiliser encore le potentiel de ligne :

$$u(M, t) = \int_{-\infty}^{\tau} \omega(\theta) \frac{\mu(r, t-\theta)}{r} d\theta,$$

l'intégration étant effectuée le long d'une trajectoire arbitraire parcourue par un point mobile $A(\theta)$, $\omega(\theta)$ étant une fonction arbitraire, $r(\theta)$ la distance du point mobile $A(\theta)$ à M, et τ étant la valeur de θ pour laquelle la quantité $c(t-\theta) - r$, positive pour $\theta < \tau$, est nulle.

Si $\mu(r, t)$ obéit à l'équation $\square(\mu/r) - k(\mu/r) = 0$ d'une part, si d'autre part $\mu(0, t)$ est nul en dehors de l'intervalle $0 \leqq t < (\chi/c)$ et qu'en même temps $\mu[r, r/c] = \text{const.}$, le potentiel u vérifie bien l'équation étudiée et possède une singularité mobile située à l'instant t sur l'arc de la trajectoire défini à cet instant par l'intervalle $[t - \chi/c, t]$ de θ.

On montre, en utilisant la méthode de Riemann pour l'équation aux dérivées partielles à deux variables, que l'expression la plus générale d'une fonction $\mu(r, t)$ remplissant les conditions ci-dessus est

$$\mu(r, t) = f\left(\frac{ct-r}{2}\right) + 2\sqrt{k}\int_0^{\frac{ct-r}{2}} \frac{r}{z} J_1(-\sqrt{k}z) f(\lambda)\, d\lambda; \qquad z = \sqrt{c^2t^2 - r^2 - 4\lambda ct + 4\lambda^2}$$

$f(\lambda)$ étant une fonction arbitraire simplement assujettie à être nulle en dehors de l'intervalle $0 \leqq \lambda < \chi/2$, et J_1 la fonction de Bessel d'ordre 1.

D'un point de vue purement mathématique, la fonction $u(M, t)$ se comporte, lorsque la distance δ de M à l'arc singulier tend vers zéro, comme $\log \delta$. Mais cet ordre d'infinitude n'est valable que dans le voisinage immédiat de l'arc singulier, on pourrait dire, sur cet arc singulier même, où dès lors la solution n'a plus de sens physique. Par contre, dès que la distance δ est nettement supérieure à la longueur de l'arc singulier, bien qu'elle puisse être encore extrêmement petite, la fonction u se comporte comme $1/\delta$.

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 567.

Enfin la vitesse du mobile obéit à la formule du guidage exactement de la même façon que dans le cas de l'équation $\square u = 0$.

2. Le potentiel de ligne, et la méthode employée pour trouver la fonction μ, peuvent être étendus à l'équation d'onde linéaire homogène la plus générale, en utilisant les solutions élémentaires et la méthode de M. Hadamard.

3. En prenant pour f la fonction de Dirac, on obtient une solution à singularité ponctuelle qui s'écrit :

$$u(\mathrm{M}, t) = -\frac{2\omega(\tau)}{r(\tau)[c - v_r(\tau)]} + \sqrt{k}\int_{-\infty}^{\tau} \frac{2\omega(\theta)}{\sqrt{c^2(t-\theta)^2 - r^2}}\, \mathrm{J}_1\left[-\sqrt{k}\sqrt{c^2(t-\theta)^2 - r^2}\right] d\theta.$$

Cette expression permet (en négligeant k qui est effectivement très négligeable) de retrouver la formule classique des interférences par un réseau pour un photon *isolé*, grâce à un calcul simple qui consiste à écrire que $u(\mathrm{M}, t)$ est spatialement périodique sur le réseau lorsque le photon est très loin en aval de ce réseau.

Bien entendu un tel résultat, qui concerne uniquement la solution singulière et qui n'est donné qu'au titre des possibilités qu'il permet d'entrevoir, ne résout pas l'un des problèmes fondamentaux de la théorie de la double solution, savoir « l'engrènement » de la solution régulière et de la (ou des) solution singulière, ainsi que l'unicité de cet engrènement.

THERMODYNAMIQUE. — *Thermodynamique des processus irréversibles. Systèmes gazeux. Dissociation de* HI, *la température et la pression restant constantes.* Note (*) de M. **Kirille Popoff**, présentée par M. Maurice Roy.

Dans deux Notes précédentes (1) nous avons établi les équations différentielles des processus irréversibles dans un système autour de l'état d'équilibre thermodynamique dans le cas où la température et la pression restent constantes. Soit

$$\Phi = \mathrm{S} - \frac{\mathrm{U} + \mathrm{PV}}{\mathrm{T}},$$

où S est l'entropie, U-l'énergie interne, V-le volume, T-la température absolue et P-la pression du système. Soient $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n$ les variables indépendantes définissant l'état du système, $\xi_1^0, \xi_2^0, \ldots, \xi_n^0$ les valeurs de ces variables à l'état d'équilibre thermodynamique et $x_i = \xi_i - \xi_i^0$.

Nous avons montré que les relations phénoménologiques, dans le cas où la température et la pression restent constantes, sont des intégrales premières du système d'équations différentielles

$$\frac{d^2 x_i}{dt^2} = \frac{\partial(-\Delta\Phi)}{\partial x_i}, \qquad i = 1, 2, \ldots, n,$$

(*) Séance du 3 novembre 1954.

(1) K. Popoff, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 698; 238, 1954, p. 331.

intégrées dans des conditions $\lim x_i = 0$ pour $t \to +\infty$. Ici, on a

$$\Delta\Phi = \Phi(\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n) - \Phi(\xi_1^0, \xi_2^0, \ldots, \xi_n^0) = -\frac{1}{2}\sum_{i,k} g_{ik} x_i x_k.$$

Étudions à ce point de vue la dissociation de HI, la température et la pression restant constantes.

Soient, à un moment donné, n_1, n_2, n_3 le nombre des moles et m_1, m_2, m_3 les poids respectifs des moles de HI, H_2, I_2. Le système considéré étant fermé, les sommes $n_1 + 2n_2 = a$, $n_1 + 2n_3 = b$ restent constantes. Dans les réactions chimiques, deux moles de HI donnent lieu à une mole H_2 et à une mole I_2. En supposant que les gaz respectifs se comportent comme des gaz idéaux, l'on a

$$\Phi = \sum_{i=1}^{3} n_i\left(C_{p_i}\log T - R\log c_i - R\log p - C_{p_i} + K_i - \frac{b_i}{T}\right) \quad (^2),$$

où les C_{p_i} désignent les chaleurs moléculaires, les K_i — des constantes dépendant des poids moléculaires, les b_i — des constantes et les C_i — des concentrations

$$c_i = \frac{n_i}{n_1 + n_2 + n_3}.$$

La température T et la pression restant invariables, les uniques variables caractérisant le processus irréversible sont les n_i, liés par les relations $n_1 + 2n_2 = a$, $n_1 + 2n_3 = b$. Ainsi nous n'avons à considérer qu'une variable indépendante — soit n_1. En désignant par n_1^0 la valeur de cette variable à l'état de l'équilibre thermodynamique et par $\delta n_1 = n_1 - n_1^0$, on aura, en ne gardant que les termes du second ordre

$$\Delta\Phi = \Phi(n_1) - \Phi(n_1^0) = \frac{d\Phi(n_1^0)}{dn_1}\delta n_1 + \frac{1}{2}\frac{d^2\Phi(n_1^0)}{dn_1^2}(\delta n_1)^2.$$

L'équilibre thermodynamique est déterminé par $d\Phi(n_1^0)/dn_1 = 0$, ce qui donne pour la détermination de n_1^0 l'équation

$$R\log\frac{2n_1^0}{\sqrt{(a-n_1^0)(b-n_1^0)}} = \frac{2C_{p_1} - C_{p_2} - C_{p_3}}{2}\log\frac{T}{e} + \frac{2K_1 - K_2 - K_3}{2} - \frac{1}{T}\,\frac{2b_1 - b_2 - b_3}{2},$$

où e est la base des logarithmes naturels. On a l'équilibre thermodynamique entre HI, H_2, I_2 si $n_1 < a$, $n_1 < b$.

On a, après cela,

$$\Delta\Phi = \frac{1}{2}\frac{d^2\Phi(n_1^0)}{dn_1^2}(\delta n_1)^2 = -\frac{R}{2}\,\frac{2(a-n_1^0)(b-n_1^0) + n_1^0(a+n_1^0) + n_1(b-n_1^0)}{2n_1^0(a-n_1^0)(b-n_1^0)}(\delta n_1)^2$$

$$= -\frac{R}{2}\,\frac{2ab - n_1^0(a+b)}{2n_1^0(a-n_1^0)(b-n_1^0)}(\delta n_1)^2 < 0.$$

---

(2) *Voir* par exemple MAX PLANCK, *Thermodynamik*, p. 218. Berlin und Leipzig, Walter de Gruyter, 1930.

On obtient ainsi pour l'équation différentielle du problème

$$\frac{d^2(\partial n_1)}{dt^2} = \frac{\partial(-\Delta\Phi)}{\partial(\partial n_1)} = \mathrm{R}\frac{2ab - n_1^0(a+b)}{2n_1^0(a-n_1^0)(b-n_1^0)}\partial n_1 = \mathrm{A}\,\partial n_1, \qquad \text{avec} \quad \mathrm{A} > 0.$$

L'intégrale de cette équation s'annulant pour $t = +\infty$ est ici

$$\partial n_1 = \mathrm{K}\,e^{-\sqrt{\mathrm{A}}t},$$

où K est une constante d'intégration. Pour $t = 0$, l'on a $(\partial n_1^0) = k$.

On a de plus

$$\frac{d(\partial n_1)}{dt} = -\sqrt{\mathrm{A}}\,\mathrm{K}\,e^{-\sqrt{\mathrm{A}}t} = -\sqrt{\mathrm{A}}\,\partial n_1.$$

ÉLECTRONIQUE. — *Une méthode de mesure de vitesse d'électrons de grande énergie.* Note de M. **Moréno Papoular**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans le carcinotron classique, qui est un oscillateur de très haute fréquence à très large bande « d'accord électronique » (1), la fréquence d'oscillation est liée à la tension du faisceau électronique, donc à sa vitesse. Il est donc possible de déduire celle-ci d'une simple mesure de fréquence, susceptible d'une très grande précision : c'est le principe de la méthode proposée.

Si l'on veut mesurer des vitesses allant jusqu'à celle de la lumière, il faut, dans l'établissement des conditions d'accrochage des oscillations, prendre pour masse de l'électron, la masse relativiste longitudinale $m_0/(1-\beta^2)^{3/2}$. Le premier ordre d'oscillations est alors caractérisé par les conditions

$$(k - k_e)\mathrm{L} = \Pi \qquad \mathrm{I}_a = \frac{\mathrm{V}_0}{8\mathrm{KN}^3}\,\frac{1}{2}\,\frac{\beta^2}{1-\beta^2}\left(1 + \frac{5,12.10^5}{\mathrm{V}_0}\right),$$

avec $k_e = \omega/v_e = \omega/\beta c$, $k = 2\pi/\lambda_g = \omega/v =$ const. de propagation à froid. L, longueur utile du tube $= \mathrm{N}\lambda_g$; V_0, tension d'injection (volts) du faisceau supposé monocinétique; K, résistance de couplage (ohms); I_a, courant d'accrochage (ampères).

Ces relations ne sont strictement valables que si les effets de charge d'espace sont négligeables.

Pour les grandes vitesses, $\mathrm{V}_0\beta^2/(1-\beta^2)$ est très grand et il faudra prendre des lignes à grand K et de longs tronçons pour maintenir I_a dans des limites acceptables. Puisque $k \neq k_e$, il faut que l'harmonique d'espace inverse d'ordre m utilisé ait une grande vitesse de phase $v_m = \omega/k_m$; on prendra donc $m = -1$ qui est d'ailleurs plus intense que les autres harmoniques inverses. Enfin pour $|v| \neq c$, $\lambda_g \neq \lambda_0$ (λ_0, longueur d'onde dans le vide). C'est dire qu'il faudra se placer dans le domaine des ondes millimétriques si l'on veut avoir N grand sans allonger exagérément la ligne. Ces considérations permettent de guider le choix

(1) Warnecke, *Onde électrique*, 4, 1954, p. 323.

du type et des dimensions de la ligne à utiliser. Pour mener les calculs, nous prendrons le cas du guide d'onde de grande largeur et dont les surfaces internes inférieure et supérieure sont crénelées.

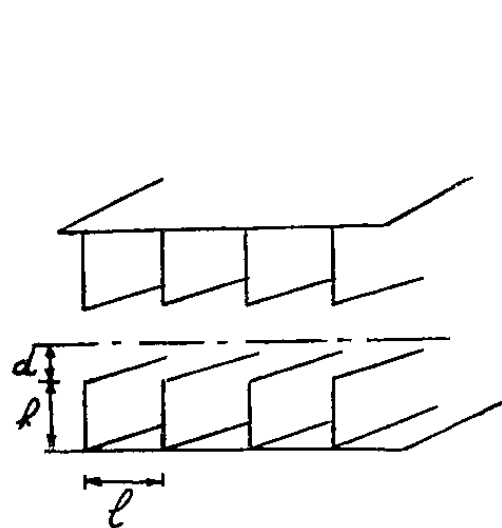


Fig. 1.

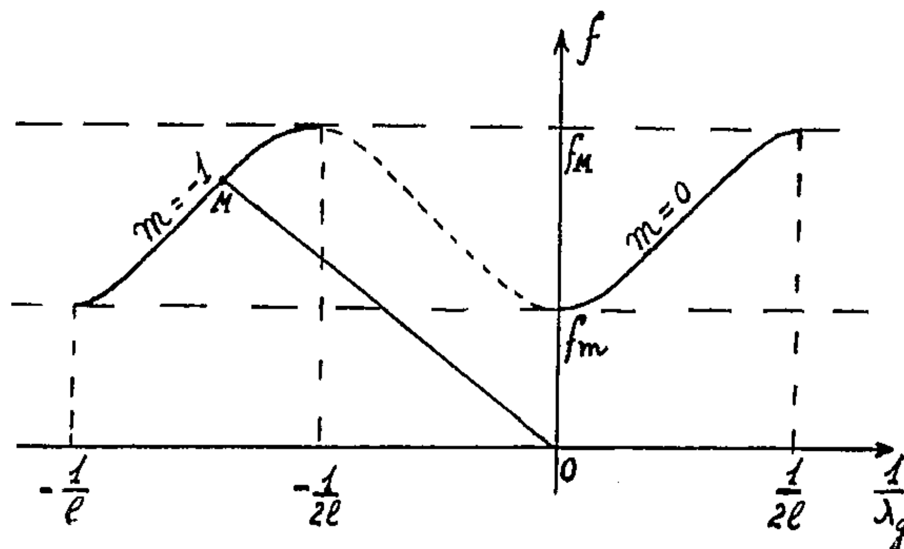


Fig. 2.

Pour le mode E (champ électrique longitudinal $\neq 0$ dans le plan de symétrie), cette structure a des bandes passantes en nombre infini, limitées par les fréquences

$$f_m = \frac{(2k+1)c}{4(h+d)}, \qquad \text{et} \qquad f_M = \frac{(2k+1)c}{4h}.$$

La courbe de dispersion à l'allure indiquée figure 2. La pente de OM est la vitesse de phase $v = f\lambda_g$. La résistance moyenne de couplage pour un harmonique déterminé est donnée par [2] :

$$K\Omega = 377 \frac{c}{\omega} \frac{1}{X} \left(\frac{\gamma}{k}\right)^3 \frac{\text{ch}^2 \gamma d}{(\text{sh}\,\gamma d\, \text{ch}\,\gamma d - \gamma d)} \frac{1}{2} \left(\frac{\text{th}\,\gamma d}{\gamma d} + \frac{1}{\text{ch}^2 \gamma d}\right),$$

où X : largeur de la ligne, $\gamma^2 = k^2 - (\omega/c)^2$, et en supposant les parois verticales infiniment minces.

Si l'on fait

$$d = 0{,}5 \text{ mm}, \quad h = 1{,}25 \text{ mm}, \quad l = 2{,}5 \text{ mm}, \quad L = 500 \text{ mm}, \quad X = 5 \text{ mm},$$

on obtient, en désignant par les indices M et m les quantités relatives aux fréquences de coupure supérieure et inférieure respectivement, et pour l'harmonique $m = -1$:

$$(\lambda_g)_M = 5 \text{ mm}, \quad (\lambda_g)_m = 7 \text{ mm}, \quad v_M = -c, \quad v_m = -0{,}36\, c.$$

Ces vitesses de phase sont très peu différentes, au moment de l'accrochage, des vitesses correspondantes, v_e, des électrons. En effet,

$$\delta = \frac{v_e - v}{v} = \frac{\pi v}{\omega L} = \frac{\lambda_g}{2L} \leqq 0{,}5\ \%.$$

(2) PIERCE, *Travelling Wave Tubes*, 1950, p. 58.

On trouve, pour les résistances de couplage : $K_m = 78\,\Omega$, $K_M = 370\,\Omega$. Pour $f = f_m$, $(I_a)_m = 6,5\,\mu A$. Pour $f = f_M$, $(I_a)_M$ est infiniment grand. Mais pour une fréquence un peu inférieure, par exemple telle que $v_e \neq |v| = 0,95\,c$, il vient $I_a = 2,5$ mA. Dans un accélérateur linéaire le courant moyen pendant les périodes d'émission est nettement supérieur à cette valeur. On pourrait encore réduire les courants d'accrochage ou la longueur de ligne nécessaire, en utilisant une ligne périodique circulaire à iris (comme dans un accélérateur linéaire) dont la résistance de couplage est bien plus grande, mais dont la réalisation mécanique est peut-être plus délicate.

Cette méthode permet donc, en principe, de mesurer des vitesses s'étalant sur une très large bande, pouvant se rapprocher de c. Elle ne nécessite qu'un ondemètre associé à une ligne d'encombrement réduit. Il n'y a pas d'harmoniques; les modes d'oscillation supérieurs au premier exigent un courant d'accrochage plus élevé et leurs fréquences sont très différentes : ils ne peuvent donc gêner la mesure.

Enfin, si l'on dispose d'un accélérateur d'électrons suivi d'un monochromateur réglable, il y a là, accessoirement, un moyen simple de produire des ondes millimétriques de fréquence variable à volonté dans une large bande.

OPTIQUE. — *Production optique d'une orientation atomique dans la vapeur saturante de sodium.* Note de MM. **Jean-Pierre Barrat**, **Jean Brossel** et **Alfred Kastler**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les expériences d'orientation atomique ou nucléaire par pompage optique (1), ont été tentées à ce jour d'une part, sur la vapeur saturante de mercure (2), d'autre part, sur des jets atomiques de sodium (3).

L'expérience d'orientation nucléaire, de Bitter-Brossel (2) sur le mercure 199 a donné un résultat négatif, la raison profonde de cet état de choses n'étant pas très claire, mais étant due sans doute à la trop faible intensité lumineuse utilisée pour produire l'orientation.

Les expériences sur les jets de sodium ont au contraire donné des résultats positifs et ont permis l'observation de résonances magnétiques de l'état fondamental de l'atome Na, résonances mettant en jeu, un, deux ou trois quanta d'énergie (4). Cependant les masses de matière orientée dont on dispose dans un jet sont très faibles. Orienter les atomes d'une vapeur saturante permettrait

(1) A. Kastler, *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 25.

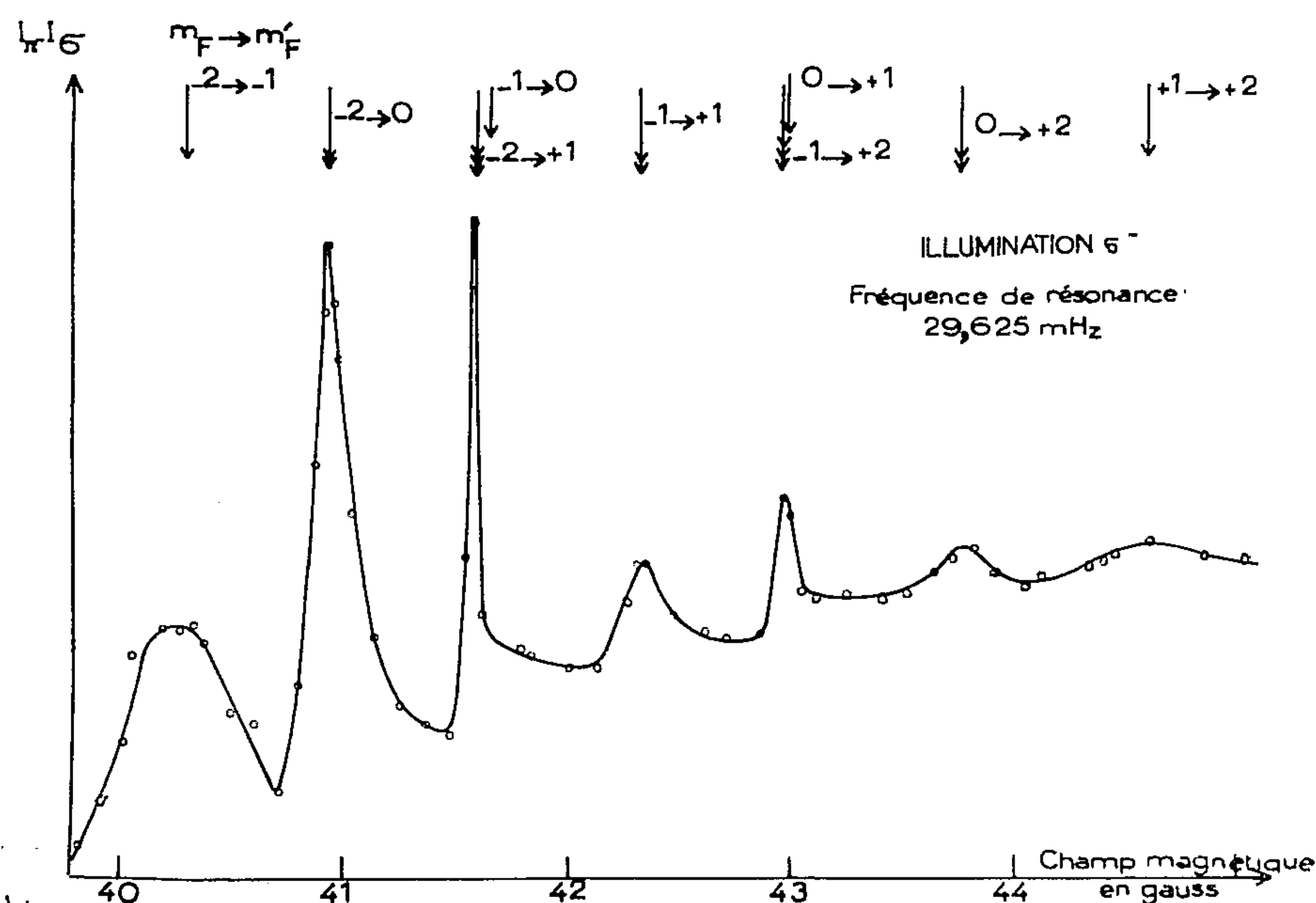
(2) F. Bitter et J. Brossel, *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 1051.

(3) J. Brossel, A. Kastler et J. Winter, *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 668; J. Brossel, B. Cagnac et A. Kastler, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 984; W. B. Hawkins et R. H. Dicke, *Phys. Rev.*, 91, 1953, p. 1008.

(4) C. Besset, J. Horowitz, A. M. L. Messiah et J. Winter, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 251.

dans cette direction, un progrès important. L'expérience de Bitter-Brossel a donc été répétée, avec des changements mineurs, sur la vapeur saturante du sodium. Le but de la présente Note est de signaler qu'elle a conduit à un résultat positif. Il est donc possible d'orienter les atomes d'une vapeur saturante d'une manière appréciable par pompage optique.

Les causes de désorientation dans une vapeur sont essentiellement les collisions entre atomes (en particulier dans le cas d'atomes paramagnétiques comme le sodium) et les collisions contre les parois de l'ampoule.



Les conditions dans lesquelles nous opérons sont telles que les collisions entre atomes sont rares par rapport aux collisions contre les parois (température de la vapeur 120° centigrade, pression de vapeur de l'ordre de 10^{-6} mm Hg, libre parcours moyen de plusieurs mètres).

L'ampoule où est enfermée la vapeur est une sphère de 12 cm de diamètre. L'observation se fait près du centre si bien que tout atome qui quitte une paroi est illuminé sur une distance de 6 cm avant d'atteindre la région de détection. Les expériences sur les jets nous ont appris que c'est là une distance très suffisante pour obtenir une orientation appréciable, avec les intensités lumineuses dont nous disposons.

Le champ magnétique est créé par des bobines Helmholtz de 60 cm de diamètre. Le four, fait de matériaux non magnétiques, est soigneusement thermostaté. De très grandes ouvertures sont nécessaires dans les parois pour laisser passer les faisceaux lumineux de l'illumination en lumière polarisée circulairement qui provoque l'orientation. La source lumineuse comporte six lampes Philips SO 45.

On mesure le rapport I_π/I_σ des intensités des vibrations π et σ réémises à angle droit du faisceau incident et polarisées comme les composantes Zeeman correspondantes. Ce rapport change avec le degré d'orientation des atomes. Il doit donc avoir des valeurs différentes suivant que l'illumination d'orientation est faible ou forte [Hawkins et Dicke, (3)]. Divers phénomènes (lumière parasite, non linéarité des photomultiplicateurs, effets de fatigue, etc.) rendent ce genre de mesure assez illusoire avec l'arrangement expérimental que nous employons.

En fait nous observons directement les résonances magnétiques de l'état fondamental de l'atome Na, résonances semblables à celles observées sur les jets. Nous avons opéré à des fréquences de 50 et de 30 Mc/s. On traverse les résonances à fréquence constante en faisant varier le champ magnétique. Chaque fois que l'on passe sur une résonance, le rapport I_π/I_σ varie. La courbe montre un résultat de ces mesures.

En ordonnée, la quantité $I_\pi - I_\sigma$, en abcisse le champ magnétique H. Plusieurs types de résonance sont visibles, résonances faisant intervenir un, deux et trois quanta électromagnétiques.

Nous avons cherché à observer l'alignement des atomes, qui devrait être provoqué par illumination de la vapeur en lumière σ (σ^+ et σ^- simultanément) c'est-à-dire en lumière naturelle arrivant parallèlement au champ magnétique. Aucune résonance n'a été observable. Ceci n'est pas choquant, le temps d'alignement étant beaucoup plus long que le temps d'orientation.

OPTIQUE. — *Étude optique de couches monomoléculaires formées par un corps organique absorbant.* Note de MM. **Pierre Dubouloz** et **Renaud Rinaldi**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié des couches monomoléculaires d'hémine formées, soit à la surface de l'eau, soit sur un support de verre ou de silice fondue.

Ce pigment nous a paru particulièrement intéressant car d'une part il forme à la surface de l'eau des couches monomoléculaires rigides (1) et orientées à cause du caractère polaire que lui confère sa structure, et, d'autre part, il est extrêmement absorbant surtout vers 4 000 Å.

Dans une première série d'expériences nous avons mesuré pour quatre longueurs d'onde, les variations *di* de l'incidence brewstérienne lorsqu'on passe de l'eau pure à l'eau recouverte d'une couche monomoléculaire d'hémine.

Le dispositif optique utilisé comprend essentiellement une source suivie de filtres et disposée au foyer objet d'un système achromatique très ouvert donnant de la source une image sur la surface à étudier. Le rayon moyen incident fait avec la normale à cette surface un angle voisin de celui de

---

(1) A. E. Alexander, *J. Chem. Soc.*, 1937, p. 1813.

l'incidence brewstérienne. Un pinceau réfléchi très étroit, délimité par une fente, est repéré à l'aide d'un cercle gradué dont le centre coïncide avec l'image et est reçu par un système rigide, nicol analyseur-cellule photoélectrique, mobile dans le plan du cercle gradué autour du centre de ce dernier.

Les mesures, de part et d'autre de l'incidence brewstérienne, des intensités I_1 et I_2 des rayons réfléchis polarisés respectivement dans le plan d'incidence et dans un plan perpendiculaire permettent de tracer les courbes $I_1/I_2 = f(i)$.

Le minimum de chaque courbe, d'allure parabolique, se détermine aisément en traçant le diamètre, lieu des milieux des cordes.

Avec une erreur estimée à $\pm 2'$, nous avons trouvé comme valeurs moyennes de *di* :

pour $\lambda =$	7 500 Å,	la valeur	$di = 12'$,
»	5 461 Å	»	$= 14'$,
»	4 358 Å	»	$= 30'$,
»	3 650 Å	»	$= 35'$.

Ces valeurs moyennes obtenues pour le décalage dû aux couches monomoléculaires sont fonctions de λ, et leur constance, pour une longueur d'onde déterminée, semble montrer que, dans nos conditions expérimentales, l'orientation des molécules à la surface de l'eau est toujours la même.

Dans le cas des couches sur silice nous avons opéré avec $\lambda = 5\,461$ et 3 650 Å. Ici encore *di* varie avec la longueur d'onde, mais le phénomène nous est apparu plus complexe surtout du fait qu'il nous a été impossible de former des couches identiques donnant toujours la même déviation et cela malgré que l'on ait fait varier différents facteurs susceptibles d'influencer cette formation.

Toutefois les valeurs obtenues pour *di* semblent se grouper et c'est ainsi que pour $\lambda = 3\,650$ Å, on obtient les valeurs moyennes suivantes : 19', 24' et 32'.

Pour interpréter ces faits, il semble légitime de penser que les molécules d'hémine en se déposant sur la silice ne se disposent pas toujours de la même façon puisque ici les groupements hydrophiles deviennent sans action. Cette hypothèse paraît d'ailleurs confirmée par le fait que les rapports entre les nombres mesurant les déplacements sont comparables à ceux des dimensions de la molécule, cette dernière étant assimilée à un parallélépipède rectangle.

L'étude d'une série de couches monomoléculaires superposées sur une lame de verre a été faite en mesurant la densité optique de la lame après formation de chacune des couches.

Pour $\lambda = 3\,650$ Å, les variations successives pour les valeurs en millièmes de la densité optique peuvent se classer en deux groupes dont les moyennes sont 9,6 et 14; le rapport de ces moyennes est encore voisin de deux des rapports des dimensions de la molécule.

Enfin une lame de verre sur laquelle avaient été déposées douze couches nous a permis de tracer la courbe d'absorption en fonction de la longueur

d'onde pour l'hémine solide et de retrouver le sommet voisin de 4 000 Å, caractéristique du noyau tétrapyrolique, déjà mis en évidence dans le cas des solutions.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre d'émission de la molécule* CuAu. Note de M. **Jean Ruamps**, présentée par M. Jean Cabannes.

En plaçant dans un four à tube de carbone [1] un alliage cuivre-or, on obtient un spectre extrêmement riche en bandes inconnues. Des spectres pris avec une dispersion d'environ 5 Å/mm ont permis l'analyse de quatre systèmes dégradés vers le rouge et leur attribution à la molécule nouvelle CuAu. Ils ont en commun l'état inférieur qui doit être l'état normal de la molécule.

Système A → X. — Ce système très intense montre des séquences bien développées (six à neufs bandes par séquence). Les bandes les plus intenses sont : 0-0 (4945,6 Å), 1-1 (4958,58 Å) et 2-2 (4971,88 Å) dans la séquence 0-0; 2-3 (5 033,42 Å) à 5-6 (5 064,56 Å) dans la séquence 0-1. L'intensité faiblit progressivement quand on passe aux séquences suivantes (0-2, 0-3, etc.), tandis que du côté violet l'intensité tombe brusquement pour les séquences 2-0 et surtout 1-0 dont seules deux ou trois bandes se laissent deviner. La séquence 3-0 et les suivantes n'ont pu être observées.

Le tableau de Deslandres donne des différences bien constantes dans une ligne ou une colonne données (écarts maxima de 1 cm^{-1}). On en déduit les constantes de l'état inférieur X :

$$\text{État X : } \omega_e = 250 \text{ cm}^{-1}, \quad x_e\omega_e = 0,7 \text{ cm}^{-1}.$$

L'état supérieur A ($\nu_{00} = 20.220 \text{ cm}^{-1}$) présente des anomalies : les deux premiers intervalles entre niveaux de vibration sont en effet anormalement faibles. Valeurs pour la molécule ^{63}CuAu :

$$G(1) - G(0) = 195,7 \text{ cm}^{-1}, \quad G(5) - G(4) = 202,0 \text{ cm}^{-1},$$
$$G(2) - G(1) = 193,3 \text{ »} \quad G(6) - G(5) = 201,3 \text{ »}$$
$$G(3) - G(2) = 202,6 \text{ »} \quad G(7) - G(6) = 200,5 \text{ »}$$
$$G(4) - G(3) = 202,7 \text{ »}$$

Un important dédoublement isotopique vibrationnel, dû à la molécule ^{65}CuAu, permet de confirmer la détermination de la bande 0-0. Un tableau genre Deslandres formé avec les écarts isotopiques observés permet la détermination expérimentale des écart isotopiques des niveaux des états X et A, avec une constante additive inconnue. Les écarts des niveaux de l'état X cadrent bien avec ceux que l'on peut calculer à l'aide de ω_e, $x_e\omega_e$ et $\rho - 1$. Ils permettent donc de confirmer l'attribution du système à la molécule CuAu et de

(1) J. Ruamps, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1489.

calculer la constante additive. Si l'on compare alors les écarts isotopiques des niveaux de l'état A à ceux que donnent la formule simplifiée $\Delta G = (\rho - 1)G$ (en prenant $G(0) = 1/2 [G(1) - G(0)]$), la concordance n'est qu'approchée : les écarts des niveaux $v=0$ et $v=1$ paraissent un peu trop forts (0,1 à 0,2 cm^{-1}) et ceux des niveaux suivants trop faibles (0,5 cm^{-1}).

Système B → X. — Ce système comporte une séquence 0-0 repliée sur elle-même extrêmement intense (tête à 4838,7 Å) qui constitue avec la séquence 0-0 du système A la partie la plus intense et la plus caractéristique du spectre de Cu Au. La séquence 1-0, d'ailleurs très faible, a été la seule autre séquence observée du système B. Dans cette dernière séquence, quelques bandes à peine perceptibles de ^{65}Cu Au confirment l'identification de la séquence 0-0. L'analyse, compliquée par le repliement et la superposition des premières bandes de la séquence 0-0, a pu se faire en utilisant les niveaux de vibration de l'état X connus grâce au système A. On parvient ainsi au numérotage suivant :

4838,70 Å...	2-2	tête unique mais anormalement large
4838,90 «	1-1	
4839,34 «	3-3	tête se distinguant à peine des précédentes
4839,95 «	0-0	
4840,36 «	4-4	
4842,20 «	5-5	etc.

On obtient pour l'état B des différences entre niveaux qui varient régulièrement, avec les constantes suivantes :

$$\nu_{00} = 20.661,4 \text{ cm}^{-1}, \qquad \omega_e = 257 \text{ cm}^{-1}, \qquad x_e\omega_e = 2,2 \text{ cm}^{-1}.$$

Systèmes violets. — De nombreuses bandes se succèdent entre 3 900 et 4 800 Å, mais leurs têtes se détachent souvent mal sur les bandes précédentes et il est presque impossible de distinguer l'effet isotopique. Deux séries de bandes ont pu cependant être classées dans des schémas vibrationnels cohérents qui donnent pour l'état inférieur des niveaux de vibration identiques à ceux de l'état X. Constantes provisoires :

C → X : deux ou trois bandes des séquences 1-0, 0-0, 0-1 :

$$\nu_{00} = 22.173 \text{ cm}^{-1}, \qquad \omega' = 231 \text{ cm}^{-1}.$$

D → X : bandes 2-0, 1-0, 0-0, 0-1, 0-2, 0-3, 0-4 :

$$\nu_{00} = 23.672 \text{ cm}^{-1}, \qquad \omega' = 182 \text{ cm}^{-1}.$$

Le spectre de l'alliage cuivre-or comporte encore, entre 5 100 et 5 900 Å, diverses bandes, inconnues dans la bibliographie, que nous n'avons pas encore classées. Les plus caractéristiques sont :

1° Un groupe de bandes intenses dégradées vers le rouge de longueurs d'onde (à 0,5 Å près) : 5212 Å (double); 5216 Å (double); 5218,5 Å (double); 5 222,5 Å ; 5 225,5 Å ; 5 229 Å.

2° Deux groupes de bandes, d'aspect presque identique, commençant tous les deux par une tête à aspect de raie (5574,4 et 5712 Å) suivie immédiatement par une tête de bande dégradée vers le rouge (5577 et 5714,8 Å). Les deux groupes assez complexes ont une intensité qui croît nettement par rapport à celle de toutes les autres bandes observées (analysées ou non) quand la proportion de cuivre augmente dans l'alliage étudié. On pourrait songer à une molécule polyatomique $AuCu_n$, mais l'intervalle de 432 cm^{-1} entre les deux groupes de bandes paraît un peu élevé pour une telle molécule (fréquence maximum observée pour CuAu : $\omega_{e_s} = 257$ cm^{-1}).

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Échange d'atomes dans la condensation d'un jet moléculaire*. Note (*) de M. **Marcel Devienne**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les mesures du coefficient de condensation d'un jet moléculaire sur une surface solide nous ont montré qu'une partie seulement des atomes ou molécules heurtant la surface se fixe sur elle. Mais le mécanisme même de cette condensation reste difficile à préciser; en particulier on peut se demander si les atomes non fixés sur cette surface ont subi une simple réflexion ou, au contraire, une condensation suivie d'une réémission; il peut être intéressant de rechercher également si les nouveaux atomes qui rencontrent la surface sont susceptibles de provoquer la réémission d'atomes préalablement fixés sur cette surface.

Pour éclairer ce dernier point nous avons réalisé l'expérience suivante. On condense préalablement sur une surface support un jet moléculaire d'antimoine contenant des traceurs radioactifs, de façon à constituer une lame mince d'antimoine partiellement radioactive. On dispose ensuite cette lame au fond d'un dispositif, analogue à celui déjà décrit pour la mesure des facteurs de condensation (1), sorte de corps noir comportant à l'avant une plaque percée d'une ouverture pour le passage du jet moléculaire et, sur le pourtour, un cylindre de clinquant. On vérifie, avant l'expérience, que la plaque et le cylindre sont dénués de radioactivité.

Si ensuite, par l'ouverture, on fait pénétrer un jet moléculaire d'antimoine *non radioactif* venant heurter la lame mince d'antimoine radioactive, on constate que les parois de la cavité deviennent radioactives.

On est amené ainsi à conclure qu'une partie des atomes, préalablement fixés sur une surface, est réémise sous l'influence du bombardement provoqué par un nouveau jet moléculaire.

(*) Séance du 3 novembre 1954.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 80.

Dans nos expériences, toutes précautions étaient prises pour empêcher l'échauffement de la plaque support; on peut toutefois se demander si les couches superficielles du dépôt, qui seules paraissent être l'objet d'une réémission, ne subissent pas, du fait du bombardement, un échauffement susceptible d'expliquer plus ou moins complètement cette réémission. De nouvelles expériences, actuellement en cours, permettront de préciser la part qui revient aux différentes couches et le rôle possible de l'échauffement superficiel.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Équations générales pour le calcul des susceptibilités magnétiques des molécules sans moment permanent.* Note de MM. **Jacques Tillieu** et **Jean Guy**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les susceptibilités magnétiques moléculaires peuvent être calculées par une méthode analogue à celle précédemment utilisée pour la détermination des polarisabilités électriques ([1]). Nous nous limiterons au cas où la fonction propre électronique normée ψ_0, représentative de l'état fondamental, est réelle et le spin électronique total nul (cas usuel des molécules organiques). L'énergie en présence du champ $\vec{\mathcal{H}}$ s'obtient par la relation classique

$$E = \frac{\int \psi^* H \psi \, d\tau}{\int \psi^* \psi \, d\tau}, \tag{1}$$

où ψ représente la fonction propre en présence du champ et

$$H = H_0 - \frac{e}{2mc} \vec{\mathcal{H}}.\vec{M} + \frac{e^2}{8mc^2} \sum_j \left(\vec{\mathcal{H}} \wedge \vec{r}_j\right)^2. \tag{2}$$

(H_0 est l'opérateur hamiltonien en l'absence de champ; $\vec{M}$, l'opérateur du moment orbital électronique total; $\vec{r}_j$, le vecteur de position du $j^{\text{ième}}$ électron).

Après avoir posé

$$\psi = \psi_0\left(1 + \vec{\mathcal{H}}.\vec{g}\right), \tag{3}$$

où $\vec{g}$ est un vecteur fonction des coordonnées électroniques, que l'on doit supposer complexe, puisque H est complexe, on développe (1) jusqu'aux termes quadratiques par rapport aux composantes de $\vec{\mathcal{H}}$. En tenant compte des

([1]) J. Guy et M. Harrand, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 616.

identités

(4) $$H_0(\vec{\mathcal{H}}.\vec{g})\psi_0 = (\vec{\mathcal{H}}.\vec{g})H_0\psi_0 - \frac{h^2}{4\pi^2 m}\overrightarrow{\mathrm{grad}(\vec{\mathcal{H}}.\vec{g})}.\overrightarrow{\mathrm{grad}\,\psi_0} - \frac{h^2}{8\pi^2 m}\psi_0\Delta(\vec{\mathcal{H}}.\vec{g}),$$

(5) $$\int\left[\overrightarrow{\mathrm{grad}(\vec{\mathcal{H}}.\vec{g})}.\overrightarrow{\mathrm{grad}\,\psi_0^2} + \psi_0^2\Delta(\vec{\mathcal{H}}.\vec{g})\right]d\tau = 0,$$

(6) $$\int \psi_0\vec{M}\psi_0\,d\tau = 0$$

(par suite de l'hermiticité de $\vec{M}$ et de l'égalité $\vec{M} = -\vec{M}^*$), on obtient la relation finale

(7) $$E = E_0 + \frac{e^2}{8mc^2}\sum_j\int(\vec{\mathcal{H}}\wedge\vec{r}_j)^2\psi_0^2\,d\tau + \frac{e}{2mc}\int\psi_0\left[\vec{\mathcal{H}}(\vec{g}-\vec{g}^*)\right]\vec{\mathcal{H}}.\vec{M}\psi_0\,d\tau$$
$$+ \frac{h^2}{32\pi^2 m}\int\left[\left|\overrightarrow{\mathrm{grad}\,\vec{\mathcal{H}}.(\vec{g}-\vec{g}^*)}\right|^2 + \left|\overrightarrow{\mathrm{grad}\,\vec{\mathcal{H}}(\vec{g}+\vec{g}^*)}\right|^2\right]\psi_0^2\,d\tau$$

Cette dernière expression montre que les molécules considérées ne présentent jamais de paramagnétisme du premier ordre en $\vec{\mathcal{H}}$. Les équations d'Euler qui rendent (7) minimum conduisent aux deux systèmes d'équations déterminant les parties réelles et imaginaires des trois composantes de $\vec{g}$

(8) $$\psi_0\Delta(g_u + g_u^*) + 2\,\overrightarrow{\mathrm{grad}\,\psi_0}.\overrightarrow{\mathrm{grad}(g_u+g_u^*)} = 0$$

(9) $$\frac{8\pi^2 e}{h^2 c}M_u\psi_0 + \psi_0\Delta(g_u - g_u^*) + 2\,\overrightarrow{\mathrm{grad}\,\psi_0}.\overrightarrow{\mathrm{grad}(g_u-g_u^*)} = 0$$

$(u = x, y, z)$.

L'équation (8) admet la solution $g_u + g_u^* = 0$. Par suite, g_u est une fonction imaginaire pure, solution unique de l'équation simplifiée

(10) $$\frac{4\pi^2 e}{h^2 c}M_u\psi_0 + \psi_0\Delta g_u + 2\,\overrightarrow{\mathrm{grad}\,\psi_0}.\overrightarrow{\mathrm{grad}\,g_u} = 0$$

rendant ψ de carré sommable.

Une fois $\vec{g}$ déterminé, le tenseur χ des susceptibilités se déduit de la comparaison de l'expression quantique dérivée de (7) et (10)

(11) $$E = E_0 + \frac{e^2}{8mc^2}\sum_j\int(\vec{\mathcal{H}}\wedge\vec{r})^2\psi_0^2\,d\tau - \frac{h^2}{8\pi^2 m}\int\left|\overrightarrow{\mathrm{grad}\,\vec{\mathcal{H}}.\vec{g}}\right|^2\psi_0^2\,d\tau$$

et de l'expression classique

(12) $$E = E_0 - \frac{1}{2}\vec{\mathcal{H}}(\chi\vec{\mathcal{H}}).$$

On obtient pour les composantes de χ :

(13) $$\chi_{uv} = -\frac{e^2}{4mc^2}\sum_j\int\left[\vec{r}_j^{\,2}\delta_{uv} - uv\right]\psi_0^2\,d\tau + \frac{h^2}{4\pi^2 m}\int\overrightarrow{\mathrm{grad}\,g_u}.\overrightarrow{\mathrm{grad}\,g_v^*}\psi_0^2\,d\tau$$

(δ_{uv} est le symbole de Kronecker).

Il convient de remarquer que la trace du tenseur (13) se réduit à la formule du diamagnétisme de Langevin pour les atomes à l'état $^1S\left(\vec{g} = 0 \text{ car } \vec{M}\psi_0 = 0\right)$. La théorie de Langevin reste encore valable pour le calcul de χ_{uu} lorsque ψ_0 présente la symétrie de révolution par rapport à l'axe $Ou(M_u\psi_0 = 0)$, c'est-à-dire pour les molécules appartenant aux groupes de symétrie $C_{\infty h}$ et $D_{\infty h}$.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Le spectre de vitesses α des isotopes du polonium.* Note de MM. **Salomon Rosenblum** et **Helge Tyrén**, présentée par M. Frédéric Joliot.

On donne des valeurs des énergies α et les vies des isotopes de Po les plus légers. Quelques groupes de vitesses sont signalés pour la première fois.

L'étude du spectre α des isotopes du Po a pu être entreprise à l'aide du grand synchro-cyclotron du Gustaf Werner Institute for Nuclear Chemistry, à Uppsala en utilisant un secteur de l'électro-aimant pour la déviation des rayons α. Le champ magnétique (∼ 20 600 Gs) a pu être maintenu constant à 10^{-4} pendant la durée des expériences.

Les cibles de Bi (métal ou oxyde) sont irradiées pendant 10-120 mn par un faisceau de protons pouvant atteindre 170 MeV. Après dissolution du Bi dans l'acide nitrique à chaud, le Po est déposé en solution chlorhydrique sur une languette d'argent poli, suivant le procédé classique.

Les résultats préliminaires obtenus sont résumés dans le tableau ci-contre. Les énergies données dans le tableau sont déterminées pour la première fois par déviation magnétique et elles sont en accord satisfaisant avec les mesures obtenues par des méthodes moins directes.

			Périodes	
Éléments.	$HR.10^{-5}$ (Oe.cm).	Énergies (keV).	Ce travail.	Tables de H. P. S. (1).
^{204}Po	$3,338_0$	5 370	∼3,8 h	3,8 h
^{202}Po	$3,401_3$	5 575	∼55 mn	52 mn
^{201}Po	$3,429_8$	5 671	∼17 »	18 »
^{200}Po	$3,460_3$	5 770	∼ 8 »	} 11 »
^{199}Po (*)	$3,482_8$	5 846	∼11 »	}
^{198}Po (*) ?	$3,509_5$	5 935	∼ 6 »	–
^{197}Po ?	$3,540_2$	6 040	∼ 4 »	–

(*) Les isotopes ^{198}Po et ^{199}Po figurent bien sur un graphique de Perlman de 1950 (2) avec des énergies assez différentes des nôtres, mais ne sont plus reproduits dans *Table of Isotopes* de Hollander, Perlman et Seaborg, de 1952.

(1) Hollander, Perlman et Seaborg, *U. C. R. L.*, 1952, p. 120.

(2) Nucleonics, 7, n° 2, 1950, p. 12-13.

Les expositions des plaques nucléaires aux radiations α variaient entre quelques minutes et plusieurs heures. A l'aide d'un dispositif approprié on pouvait soumettre à l'action des rayons α différentes plaques nucléaires à des intervalles choisis. On pouvait ainsi évaluer sommairement les

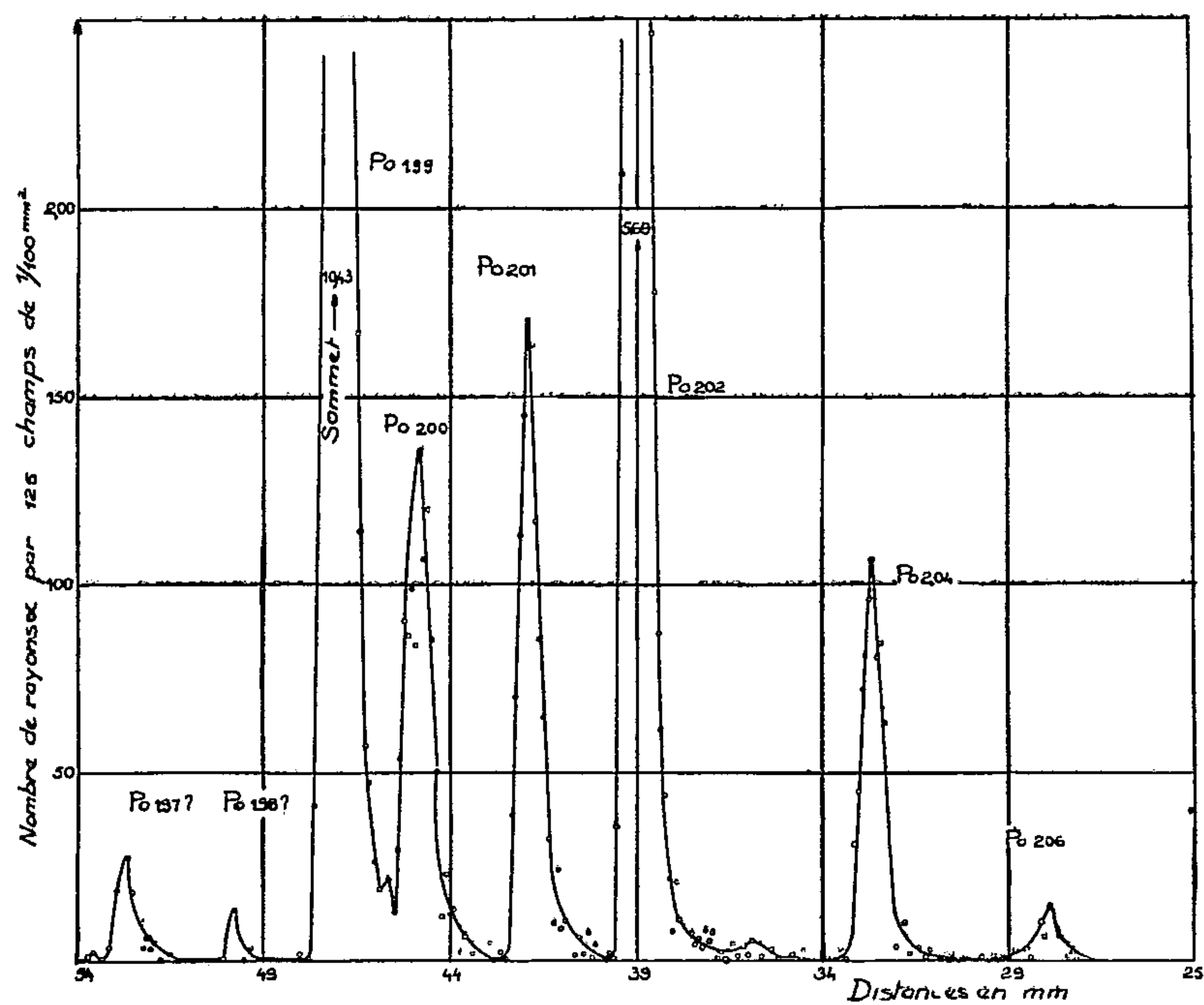


Fig. 1.

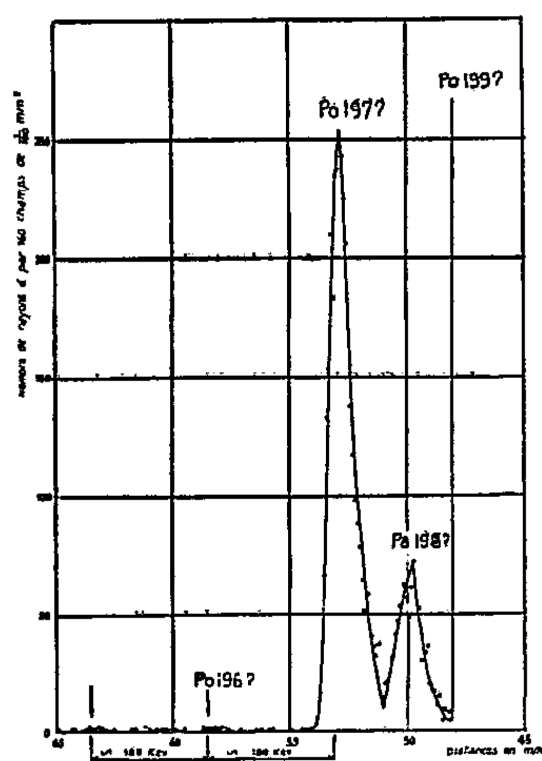


Fig. 2.

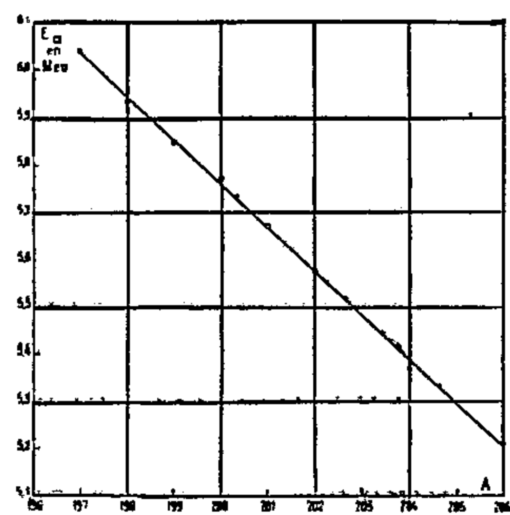


Fig. 3.

périodes des différentes composantes dont les plus courtes étaient de l'ordre de la minute.

(3) KARRAKER GHIORSO et TEMPLETON, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 390.

Nous avons gardé l'attribution des numéros atomiques telle qu'elle ressort des analyses précédentes (3); toutefois, nous attribuons une vie plus courte à Po 200. L'attribution des autres numéros aux composantes rapides est rendue probable par des considérations de systématique α, mais ne présente pas de caractère définitif (*fig.* 3).

Dans le cas le plus favorable l'exposition des plaques photographiques aux rayons α a pu être effectuée 17 mn après l'arrêt de l'irradiation des cibles de Bi. Nous espérons raccourcir encore ce temps; un dispositif amélioré en construction doit nous permettre de mieux préciser la décroissance des composantes plus rapides à vie courte. En effet, quelques traces isolées semblent se grouper devant ^{197}Po (*fig.* 2).

La composante de structure fine proposée auparavant (4) pour ^{206}Po n'a pas pu être confirmée au cours de ce travail. Par contre, on a l'indication de l'existence d'une composante à environ 375 keV derrière le groupe principal de ^{208}Po et dont l'intensité serait de l'ordre de 1 ‰, compatible avec la valeur supérieure de 1,6 ‰ indiquée par F. Asaro (5).

RADIOACTIVITÉ. — *Appareil bétamètre et gammamètre adapté à l'étude des dépôts radioactifs recueillis en vol.* Note de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Chambre d'ionisation de 3 l à électroscope, à fenêtre mince de grande surface pour l'étude des rayons β (2,7 mg/cm^2, 120 cm^2).

L'analyse des particules radioactives artificielles contenues dans l'air et provenant d'expériences « atomiques » à la surface du globe, porte en général sur leur rayonnement β. Pour obtenir le maximum de facilités opératoires dans les mesures et augmenter leur précision, on s'efforce de ramasser les particules contenues dans le plus grand volume possible d'atmosphère libre balayé par l'avion au cours du vol de prospection. Mais il devient alors difficile de concentrer ces particules sur un récepteur de faible surface. On a donc cherché à réaliser un appareil qui, tout en restant simple, portatif et entièrement autonome, soit susceptible d'analyser le rayonnement β émis par une surface de la plus grande dimension possible, très supérieure à celles dont on dispose généralement avec les compteurs. L'appareil pourra en outre, naturellement, étudier le rayonnement γ.

Voici le dernier modèle réalisé. La chambre d'ionisation a une capacité de 3 l. Elle est étanche, mais reliée à l'air libre par l'intermédiaire de digesteurs arrêtant la vapeur d'eau, les poussières et les gaz radioactifs. La face inférieure

(4) S. Rosenblum et Valadares, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 711.

(5) *Thesis U. C. R. L.*, 2180, 1954, p. 139.

est fermée, sur une surface utile de 120 cm², par une fenêtre circulaire de 2,7 mg/cm² de densité superficielle, en aluminium spécialement traité pour l'étanchéité. Au centre de la chambre se trouve un électroscope à feuille d'or dont les dimensions ont été réduites à l'extrême (feuille de $2{,}5 \times 0{,}2$ cm, avec index de visée de 0,01 cm). Sous la fenêtre mince, se trouve un passeur d'échantillon étanche à tiroir interne, d'un volume utile de 13 cm de diamètre et 0,6 cm d'épaisseur. On peut, s'il est nécessaire, placer sur l'échantillon un écran de densité déterminée. Le tiroir est commandé de l'extérieur par un système étanche. Le volume du passeur d'échantillon est également relié à l'air libre par l'intermédiaire de digesteurs. Ceux-ci et ceux de la chambre d'ionisation sont établis de telle sorte que la fenêtre mince ne puisse subir de surpression accidentelle sur une de ses faces, qui amènerait son éclatement. L'ensemble de l'appareil est enfermé dans une enveloppe double en métal poli. Il est en effet indispensable de protéger thermiquement la chambre d'ionisation. On évite de cette manière les mouvements désordonnés de la feuille d'or dus à la microturbulence, ainsi que les variations du pourcentage recueilli du courant de saturation, qui fausseraient les indications de l'appareil.

Les caractéristiques de ce dernier modèle sont les suivantes :

Dimensions : $34 \times 33 \times 23$ cm. Poids : 4,5 kg. Parois : 1,7 g/cm².

Pression d'utilisation : pression ambiante.

Temps du mouvement propre normal au niveau de la mer sans blindage : 32 mn.

Plus faible quantité de Ra^{226} et ses produits d'équilibre, décelable à 1 m (temps moyen du mouvement : 32 m — 10 s) : $7 \cdot 10^{-8}$ g.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mesure de l'activité et de la chaleur de mélange des solutions de chlorure de potassium dans le nitrate de lithium fondu.* Note de M. **Yves Doucet** et Mlle **Christiane Netzer**, présentée par M. Eugène Darmois.

Le tracé de la courbe cryométrique jusqu'à la concentration eutectique montre que les solutions de KCl dans $LiNO_3$ ne sont pas idéales. Mais le coefficient d'activité de KCl ne dépasse pas 1,4. L'entropie d'excès reste faible, ce qui montre que les solutions sont presque régulières. La chaleur intégrale de mélange n'atteint pas, à la plus grande concentration, le tiers de la chaleur de fusion.

La température de fusion du nitrate de lithium pur Merck, mesurée avec un thermocouple préalablement étalonné aux points fixes, est 519°K à 0°,1 près. D'après les *Tables de constantes* sa chaleur molaire de fusion est 6 107 cal et la différence des chaleurs spécifiques molaires du sel solide et du sel fondu, au voisinage du point de fusion, est seulement 0,2 cal, quantité négligeable. On y dissout du chlorure de potassium, sel présentant deux ions distincts de ceux du solvant. Dans ces conditions on montre que la relation entre la

température d'équilibre T et la concentration, exprimée par la fraction molaire stoechiométrique N_1 du solvant est, dans l'hypothèse d'une dissociation totale des deux sels :

$$\log_{10} N_1^2 = 2{,}565 - \frac{1\,330}{T}$$

à condition que la solution soit idéale.

Nous avons fait des cryométries par la méthode du point de congélation commençante, avec des solutions dont la concentration est connue par pesées. On s'arrange pour éviter la surfusion, et le point cherché est placé à l'intersection des deux courbes : refroidissement de la phase liquide, refroidissement des phases liquide et solide. Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous où m est la molalité et T la température de congélation en degrés Kelvin.

m........	0	0,2447	0,6396	0,9315	1,2354	1,8537	2,4828
T.........	519,9	517,76	513,15	509,30	505,45	497,91	490,05
m........	2,7502	2,9387	3,6597	3,9556	4,1403	4,6228	4,9216
T.........	488,53	485,91	479,30	477,76	473,91	471,45	467,99
m........	4,9459	5,2016	5,4464	5,8640	6,3051	6,7508	
T.........	465,45	464,66	462,35	459,30	456,22	450,07	

On tire les valeurs de N_1 de celles de m. Portons $\log N_1^2$ en ordonnées et 1000/T en abscisses. La relation donnée plus haut se traduit par une droite. Or tous les points expérimentaux se placent au-dessus de cette droite. Donc la solution n'est pas idéale. Calculons le coefficient d'activité du solvant. On a

$$\mathrm{Log}(x\gamma')_{NO_3} + \mathrm{Log}(x\gamma')_{Li} = 2{,}565 - \frac{1330}{T}.$$

En fin de compte

$$2\,\mathrm{Log}\gamma_1 = \log(N_1^2)_{\text{idéal.}} - \log N_1^2.$$

Le tableau ci-dessous donne quelques valeurs de l'activité en fraction molaire.

$-\log\gamma_1$.........	0,002	0,005	0,010	0,020	0,030
N_1..............	0,9016	0,8549	0,8035	0,7362	0,6871
a_1..............	0,897	0,853	0,785	0,703	0,641

Si la solution était régulière $\log\gamma_1$ serait de la forme AN_2^2. En portant N_2^2 en abscisses et $\log\gamma_1$ en ordonnées on n'obtient pas une droite mais une courbe très tendue d'équation $\log\gamma_1 = -0{,}23N_2^2 - 0{,}8N_2^4$.

Le coefficient d'activité du corps dissous s'obtient par la relation de Gibbs-Duhem appliquée aux quatre ions avec leurs fractions ioniques « vraies » soit

$$\sum x_i\, d(\mathrm{Log}\gamma_i) = 0,$$

ce qui donne la même relation qu'entre molécules non dissociées

$$\mathrm{Log}\gamma_2 = \int_0^{N_2} \frac{N_1}{N_2}\, d(\mathrm{Log}\gamma_1).$$

Au lieu de planimétrer l'aire de la courbe $N_1/N_2 = f(\log\gamma_1)$, qui tend vers l'infini quand $\log\gamma_1$ tend vers zéro, il est plus sûr d'intégrer avec la formule expérimentale ci-dessus. On trouve

$$\log\gamma_2 = 0,46\,N_2 - 0,23\,N_2^2 + 1,07\,N_2^3 - 0,8\,N_2^4.$$

Ci-dessous quelques valeurs de l'activité de KCl :

N_2	0,0984	0,1451	0,1965	0,2638	0,3129
$\log\gamma_2$	0,044	0,065	0,088	0,121	0,146
a_2	0,109	0,168	0,241	0,350	0,439

L'écart à l'idéalité peut s'évaluer d'une façon plus claire à l'aide des fonctions thermodynamiques d'excès. L'accroissement d'énergie libre (de Gibbs), consécutif à la réalisation du mélange des quatre ions à T et P constants est $F_m = \sum \nu_i RT\, \mathrm{Log}\, x_i\gamma_i'$.

L'énergie libre d'excès est, par suite, en calories-mole

$$F_{ex.} = 9,15\,T(N_1 \log_{10}\gamma_1 + N_2 \log_{10}\gamma_2).$$

Les valeurs numériques trouvées sont relevées dans la deuxième ligne du tableau ci-dessous :

N_1	0,9016	0,8549	0,8035	0,7362	0,6871
$F_{ex.}$	11,4	23	40,9	73,2	104
$S_{ex.}$	0,405	0,82	1,45	2,6	3,7
$H_{ex.}$	220	426	736	1 283	1 777

La relation empirique suivante les représente très convenablement.

$$\mathrm{Log}_e\, F_{ex.} = -0,0355\,T + 20,73.$$

Elle permet le calcul de l'entropie d'excès $S_{ex.} = 0,0355\,F_{ex.}$; cette quantité serait nulle si la solution était régulière. En fait elle est très petite. Enfin l'enthalpie d'excès $H_{ex.} = F_{ex.} + TS_{ex.}$ est portée dans la dernière ligne. C'est la chaleur intégrale molaire de mélange des quatre ions. A la concentration eutectique, elle est à peine le tiers de la chaleur de fusion.

En résumé, les solutions de KCl dans $LiNO_3$ s'éloignent peu de l'idéalité et s'approchent des solutions régulières de Hildebrand.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude par diffraction d'électrons des produits de condensation de la vapeur de* TiO_2 *sur monocristaux d'halogénures chauffés.* Note (*) de M. **Pierre Conjeaud**, transmise par M. Paul Pascal.

Les couches minces obtenues par condensation de la vapeur de TiO_2 sur monocristaux de ClNa, ClK, INa, IK, chauffés à des températures supérieures à 450° présentent des diagrammes polycristallins qui ne correspondent à aucune forme cristallisée de TiO_2, et que l'on suppose due à un produit de réaction (orthotitanate ou titanate acide) entre l'oxyde de titane et le support.

(*) Séance du 11 octobre 1954.

Nous avons montré précédemment (¹) que les couches minces obtenues par condensation sous vide de la vapeur d'oxyde de titane sur un support froid sont amorphes et cristallisent par chauffage ultérieur pour donner successivement de l'anatase et du rutile. Aussi avons-nous pensé qu'en condensant la vapeur sur un support chauffé, il serait possible d'obtenir directement l'une des trois formes cristallines de TiO_2 : anatase, rutile ou brookite.

Dans ce but, nous avons vaporisé sous vide du rutile ou de l'anatase et l'avons condensé sur des lamelles chauffées d'un halogénure alcalin, obtenues par clivage suivant une face (100) d'un monocristal. La température des lamelles variait de 100 à 550° C. La couche mince obtenue était ensuite séparée du support par dissolution de celui-ci dans un bain d'eau distillée, et étudiée par diffraction électronique suivant la méthode par transmission.

Les expériences ont été effectuées avec les halogénures suivants : ClNa, ClK, INa, IK.

Contrairement à notre attente, nous n'avons obtenu en aucun cas de variétés cristallines de TiO_2. Si la température est inférieure à 450° C, on obtient la forme amorphe précédemment citée. Par contre, si cette température excède 450°, on obtient des diagrammes d'anneaux caractéristiques de substances bien cristallisées. Les cristallites sont répartis au hasard, sans relation d'orientatiou ou d'épitaxie avec le support cristallin.

Les couches minces obtenues par condensation sur ClNa ou INa nous ont fourni des diagrammes identiques; il en va de même de celles obtenues sur ClK ou IK. Mais les deux types de diagramme sont nettement différents, ainsi que l'on peut s'en rendre compte en comparant les tableaux A et B, où l'on a porté les distances réticulaires déduites des diagrammes, ainsi que les intensités des anneaux correspondants (TF, très forte; F, forte; M, moyenne forte; m, moyenne faible; f, faible; tf, très faible).

TABLEAU A.

Condensation sur ClNa *ou* INa.

I.........	m	TF	m	F	M	F	f	tf
dhkL.....	5,83	3,64	2,99	2,72	2,03	1,92	1,82	1,70
I.........	f	m	ft	tf	M	tf	f	
dhkL.....	1,62	1,58	1,53	1,50	1,39	1,36	1,27	

TABLEAU B.

Condensation sur ClK *ou* IK.

I........	M	F	m	TF	TF	F	F	M
dhkl.....	7,23	5,09	3,57	3,22	2,49	2,23	1,99	1,80
I........	m	m	M	m	tf	tf	M	
dhkl.....	1,70	1,68	1,60	1,49	1,46	1,43	1,40	

(¹) P. CONJEAUD, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2075.

Il nous a été impossible d'identifier les diagrammes A et B. Du moins sommes-nous en mesure de préciser :

— qu'ils ne correspondent ni l'un ni l'autre à une forme réduite ou oxydée connue de TiO_2(Ti_α, Ti_β, TiO, Ti_2O_3);

— qu'ils appartiennent à des systèmes cristallins de symétrie faible (triclinique, monoclinique ou orthorhombique);

— qu'ils ne proviennent vraisemblablement pas de mélanges de plusieurs corps cristallins, les intensités relatives des raies restant remarquablement constantes d'une expérience à l'autre.

Il est à remarquer par ailleurs que la nature de la couche mince obtenue ne dépend que du métal alcalin du support, la nature de l'halogénure étant sans influence. Tout laisse donc à penser qu'il y a réaction entre les molécules superficielles du support qui, à des températures assez proches de leur point de fusion ($F_{ClNa} = 780°C - F_{ClK} = 790°C - F_{INa} = 650°C - F_{IK} = 705°C$) sont doués d'une certaine mobilité, et celle de la vapeur de TiO_2 incidente.

Cependant, et contrairement à l'hypothèse la plus simple, il ne semble pas que ces réactions conduisent à la formation du titanate alcalin TiO_3Na_2 ou TiO_3K_2; si en effet nous n'avons pu trouver mention dans la littérature des distances réticulaires du titanate de sodium, par contre les données relatives au titanate de potassium TiO_3K_2 sont manifestement différentes de celles indiquées tableau B.

Il paraît donc vraisemblable de supposer que nous sommes en présence, soit d'un orthotitanate TiO_4M_4, soit d'un des nombreux titanates acides ($m TiO_2$, $n M_2O$)($m > n$) cités dans la littérature.

La réaction se produirait en deux stades; le premier correspondrait à la formation de l'oxyde alcalin :



$$TiO_2 + 4MX \rightarrow TiX_4 + 2M_2O$$

(où X représente l'halogène et M le métal alcalin). Le dégagement de TiX_4 volatil faciliterait la réaction et expliquerait que l'on ne retrouve pas trace de l'halogène dans le produit final. Il y aurait ensuite combinaison entre les deux oxydes :



$$m TiO_2 + n M_2O \rightarrow (m TiO_2, n M_2O).$$

Cette hypothèse demande bien entendu à être confirmée; des expériences de réaction entre couches minces d'oxyde de titane et d'halogénures alcalins, suivies par diffraction électronique, qui seront publiées ultérieurement, en apporteront une vérification partielle. Il n'en demeure pas moins que la technique qui consiste à condenser une vapeur sur un clivage de monocristal chauffé est fréquemment utilisée en diffraction électronique pour la préparation de couches minces; les expériences ci-dessus montrent que la méthode doit être

utilisée avec circonspection, une réaction chimique étant toujours possible entre la couche mince et le support ([2]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application de l'osmose aux solutions aqueuses des ferro-aquopentacyanures*. Note de M. **Guy Emschwiller**, Mme **Charlotte Cohn** et Mlle **Jacqueline Legros**, présentée par M. Jacques Duclaux.

L'étude osmotique permet d'établir que les solutions des ferroaquopentacyanures renferment deux types de constituants, l'un qui dialyse, l'autre qui ne dialyse pas, dont les relations mutuelles sont celles de monomères à polymères.

Les solutions aqueuses des ferro- et des ferri-aquopentacyanures présentent des propriétés singulières qui ont conduit à en soupçonner la complexité. Les particularités des spectres d'absorption et des conductivités électriques ont été expliquées par l'hypothèse de deux formes en équilibre acido-basique ([1]). L'allure inusuelle des variations des potentiels d'oxydo-réduction a suggéré l'existence d'associations, soit de molécules de ferro- et de ferri-aquopentacyanures dans le rapport de 2 à 3 ou de 1 à 1 ([2]), soit de quatre molécules où les atomes de fer pourraient être indifféremment ferreux ou ferriques ([3]). Les pouvoirs coagulants des solutions de ferriaquopentacyanures vis-à-vis de sols d'hydroxyde ferrique s'accordent avec la présence de composés plurimoléculaires et la détermination de la masse moléculaire par la méthode de diffusion a confirmé une grandeur moléculaire quadruple ([3]). Mais aucun de ces résultats ne permettait d'exclure la possibilité de mélanges de composés renfermant, en moyenne, plusieurs atomes de fer, de l'ordre de quatre dans les cas examinés. Précisément l'étude cinétique de la réaction colorée du nitrosobenzène sur les solutions des ferroaquopentacyanures, impliquant une étape rapide et une étape lente, permet de reconnaître au moins deux types de constituants et ses résultats peuvent être interprétés en admettant la coexistence d'ions monomères et d'ions polymères, les premiers réagissant le plus vite ou seuls sur le nitrosobenzène ([4]).

Pour tenter de vérifier cette interprétation, nous avons eu recours à

([2]) J.-J. Trillat et L. Tertian, *Bull. Soc. Microsc. appl.* (sous presse).

([1]) L. Cambi et L. Szegö, *Gazz. chim. ital.*, 58, 1928, p. 64; Franz Hölzl, *Monatshefte*, 56, 1930, p. 79 et 253.

([2]) David Davidson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 50, 1928, p. 2622; L. Michaelis et C. V. Smythe, *J. Biol. Chem.*, 94, 1931, p. 329.

([3]) L. Michaelis et C. V. Smythe, *Comptes rendus trav. lab. Carlsberg*, série chimique, 22, 1938, p. 347.

([4]) G. Emschwiller, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 341.

la méthode osmotique de J. Duclaux et Mme Ch. Cohn ([5]). Elle consiste à opposer, de part et d'autre d'une membrane, deux liquides non miscibles, dont un seul est, en principe, capable de la traverser. Si un soluté est présent dans le liquide auquel la membrane est perméable, il peut avoir tendance à accompagner le solvant, d'autant plus aisément que, toutes autres choses égales, sa masse moléculaire est plus petite. Le procédé permet ainsi des séparations; par exemple, dans une solution de sel chromique, on sépare quantitativement la forme violette et la forme verte ([6]).

Nous avons introduit, à l'intérieur d'un tube en cellophane, une solution aqueuse fraîche de ferroaquopentacyanure et disposé, comme liquide extérieur, de la méthyléthylcétone saturée d'eau; l'ensemble était maintenu à une température de 3° C environ. Les fines gouttelettes aqueuses, qui traversaient la membrane, se rassemblaient à la partie inférieure de l'appareil; au bout de 30 mn, une quantité suffisante de solution avait déjà été récoltée pour permettre un dosage colorimétrique de ferroaquopentacyanure; un autre prélèvement fut effectué après 75 mn. Conformément à la méthode précédemment mise au point, la teneur globale fut déduite de la couleur limite finale et la teneur approximative en forme réagissant vite de la coloration pseudo-limite initiale observée en présence de ferrocyanure en grand excès ([4]). La solution demeurée à l'intérieur de la membrane fut également analysée, de même qu'un échantillon témoin conservé à la même température. Les résultats analytiques sont consignés dans le tableau suivant, où c est la concentration globale du ferroaquopentacyanure, exprimée en millimolarité, et τ la teneur pour 100 en forme réagissant vite :

	Après 30 mn.		Après 75 mn.	
	c.	τ.	c.	τ.
Solution témoin	11,4	40%	11,3	48%
» dialysée	0,39	96	0,47	100
» intérieure	11,5	38	14,2	42

Il apparaît avec netteté que la solution dialysée ne renferme sensiblement, à la précision des dosages près, que du constituant réagissant vite sur le nitrosobenzène, dont on est bien, en conséquence, amené à penser qu'il correspond à la grandeur moléculaire la plus petite ([7]). Corrélativement, la solution intérieure s'est non seulement concentrée, comme il

([5]) *J. chim. phys.*, 51, 1954, p. 345.

([6]) J. Duclaux et Mme Ch. Cohn, *J. chim. phys.*, 51, 1954, p. 285.

([7]) Ce résultat ne saurait en effet être attribué à une évolution spontanée; nous n'avons jamais observé d'évolution aussi rapide, à de telles températures, même à de telles dilutions, et nous avons reconnu que la présence de méthyléthylcétone a pour effet de ralentir une telle évolution.

est normal puisqu'elle a perdu de l'eau, mais aussi appauvrie en le constituant réagissant vite sur le nitrosobenzène, comparativement à la solution témoin qui a, comme elle, évolué. Cette expérience permet donc de démontrer que les solutions aqueuses de ferroaquopentacyanures renferment deux types de constituants, l'un qui dialyse, l'autre qui ne dialyse pas, dont les relations mutuelles sont celles de monomères à polymères.

CRYOMÉTRIE. — *Sur quelques réactions de double décomposition dans la cryolithe fondue justifiant les résultats obtenus par la cryoscopie.* Note de M. **Pierre Mergault**, présentée par M. Eugène Darmois.

On décrit quelques réactions de double décomposition par précipitation de Cr_2O_3 de solutions de F_3Cr dans la cryolithe. On en déduit, suivant que ces réactions sont possibles ou non, une vérification des résultats obtenus jusqu'ici par cryoscopie.

Les travaux effectués jusqu'ici au laboratoire de M. Eugène Darmois sur la cryoscopie des solutions d'oxydes dans la cryolithe fondue ont permis d'établir que :

1° Certains oxydes en solution sont ionisés : oxydes alcalino-terreux, GlO. ZrO_2, ThO_2, UO_2, SnO_2, CeO_2, les oxydes du type $M_2^{III}O_3$ de Al, Ga, La, Tl, Fe, Co, Mn, Cr et B, et enfin les oxydes salins de Mn, Fe, Co.

2° D'autres oxydes ne sont pas ionisés : SiO_2, TiO_2, ZnO, CdO, FeO, CoO, NiO, UO_3, WO_3, MoO_3, (1), (2), (3).

Nous avons signalé aussi la faible solubilité de Cr_2O_3 dans la cryolithe fondue (3). Par contre le fluorure de chrome trivalent, F_3Cr, est soluble dans la cryolithe : il s'y dissout avant d'avoir été décomposé par l'air ambiant. On peut le constater par l'absenee dans une solution de F_3Cr de précipité de Cr_2O_3. Le fluorure de chrome est certainement ionisé dans la cryolithe fondue : M. Rolin a montré récemment que F_3Al, un des constituants de la cryolithe, est ionisé comme les autres fluorures, et ceci rapproche les résultats obtenus pour les solutions cryolithiques, de ceux obtenus par cryoscopie dans le métaborate de lithium fondu, où tous les fluorures sont ionisés (4).

Dès lors, on peut penser que les oxydes capables de céder leur oxygène dans une solution de F_3Cr dans la cryolithe fondue donneront lieu à une réaction de double décomposition, en précipitant les ions Cr^{+++} contenus dans cette

(1) M. Rolin, *Thèse*, Paris, 1950.

(2) E. Darmois et G. Petit, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1555; G. Petit, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 615.

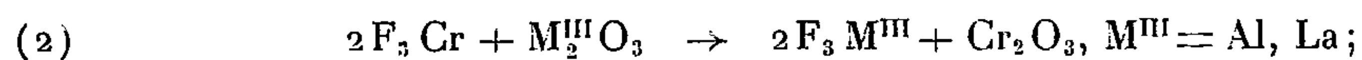
(3) P. Mergault, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 485.

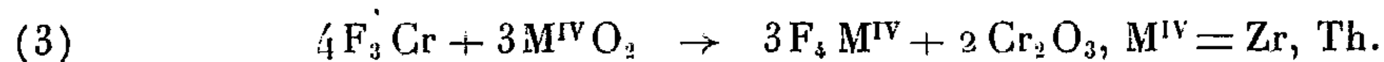
(4) G. Zarzycki, *Thèse*, Paris, 1953.

solution, sous forme de Cr_2O_3. C'est ce que j'ai pu vérifier pour les oxydes suivants : Al_2O_3, La_2O_3, ZrO_2, ThO_2, GlO, MgO, BaO, SrO. L'observation se fait après refroidissement, et l'on peut voir au fond du bain, une couche verte de Cr_2O_3, différente en général du reste du bain (signalons que pour SrO, on a constaté l'existence du précipité de Cr_2O_3 non pas au fond, mais en surface du bain).

Dans tous les cas, ce précipité est extrêmement fin, les mouvements de convection dans le bain fondu ne favorisent pas son rassemblement, et l'observation en est rendue d'autant plus difficile : ainsi quand le bain est fortement coloré, comme c'est le cas avec les oxydes de Mn, Fe, Co, U, on ne peut guère se prononcer sur l'existence d'un précipité. Par contre, avec les autres oxydes cités plus haut, la précipitation est assez nette. Ce résultat est conforme aux conclusions de la cryoscopie qui a montré que ces oxydes sont ionisés. On peut donc écrire :


(1) $2F_3Cr + 3M^{II}O \rightarrow 3F_2M^{II} + 2Cr_2O_3, \quad M^{II} = Gl, Mg, Ba, Sr;$


(2) $2F_3Cr + M_2^{III}O_3 \rightarrow 2F_3M^{III} + Cr_2O_3, \quad M^{III} = Al, La;$


(3) $4F_3Cr + 3M^{IV}O_2 \rightarrow 3F_4M^{IV} + 2Cr_2O_3, \quad M^{IV} = Zr, Th.$

Les oxydes NiO et ZnO offrent deux cas particuliers. Leur cryoscopie a montré qu'ils n'étaient pas ionisés. Pourtant NiO précipite du Cr_2O_3 dans une solution cryolithique de F_3Cr, et ce phénomène peut s'expliquer de deux façons : ou bien NiO serait ionisé à des limites de dilution inaccessibles aux mesures cryoscopiques, ou bien, ce qui est plus vraisemblable, la liaison Ni-O dans une solution cryolithique, serait trop faible pour empêcher la réaction de double-décomposition. En opérant avec les proportions stœchiométriques de la réaction (1) ou $M^{II} = Ni$, la précipitation du Cr_2O_3 n'est pas complète, car une partie du NiO est réduite par le graphite du creuset [1]. L'oxyde de zinc se comporte encore différemment. Au lieu de précipiter Cr_2O_3 comme NiO et pour les mêmes raisons, ZnO ne donne lieu qu'à une séparation de chromite de zinc dont c'est là un mode de formation.

Ce phénomène peut s'expliquer de deux façons. La finesse du précipité de Cr_2O_3 favorise sa réaction ultérieure avec ZnO qui n'a pas encore réagi sur le F_3Cr, ou bien, ce qui est plus vraisemblable, le chromite de zinc qui se sépare est encore moins soluble que Cr_2O_3, de sorte que ZnO et Cr_2O_3 ne peuvent subsister simultanément en solution. Cette formation de chromite nous montre aussi que dans le cas des oxydes de Al, La, Gl, Mg, Sr, Ba, Zn, Th, cités plus hauts, le précipité vert obtenu pourrait tout aussi bien être un chromite que du Cr_2O_3. Un travail est en cours pour préciser ce point et aussi le mécanisme de réaction dans le cas de formation d'un chromite.

Enfin, pour les oxydes SiO_2 et TiO_2, on n'observe pas de précipitation de Cr_2O_3 dans les solutions cryolithiques de F_3Cr. C'est donc que même en

solution dans la cryolithe qui est un excellent milieu ionisant, les molécules SiO_2 et TiO_2 restent intactes; la cryoscopie le montrait déjà par extrapolation à la limite de dilution infinie; nous en avons ici une vérification très sûre.

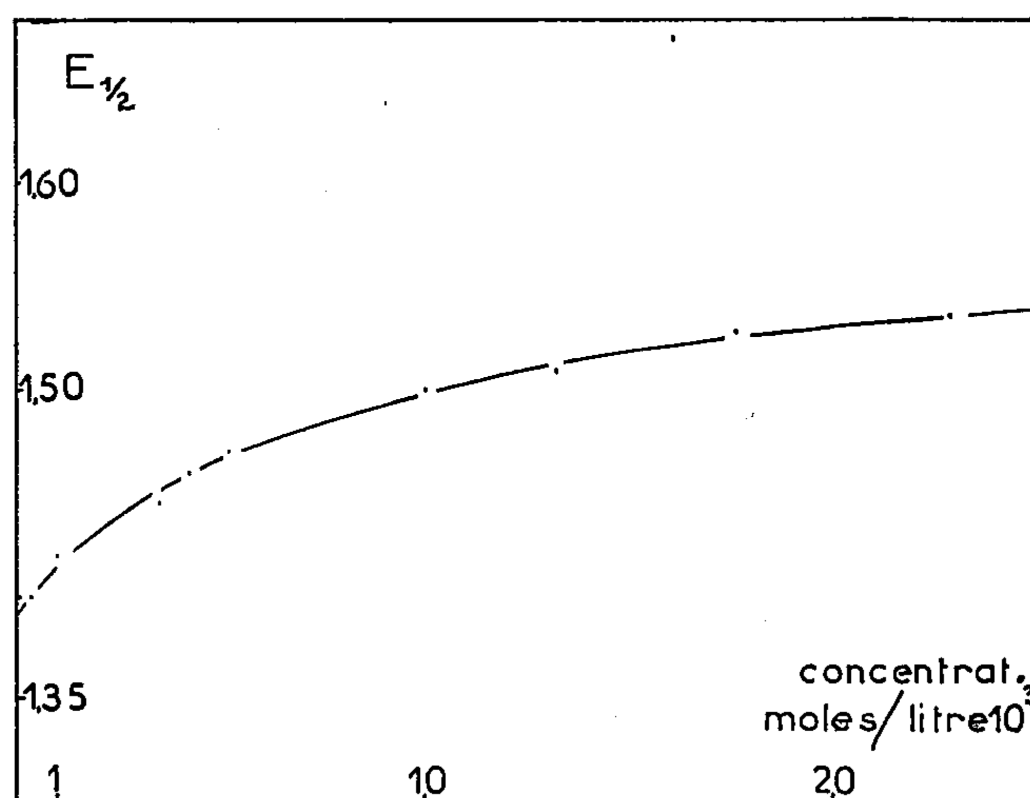
POLAROGRAPHIE. — *Réduction polarographique de la diméthyl-1.1 cyclohexanedione-3.5.* Note de MM. **Jean-Charles Pariaud**, **Jacques Modiano**, **Robert Sorel** et **René Stéfani**, présentée par M. Eugène Darmois.

La diméthyl-1.1 cyclohexanedione-3.5 ou dimédon est utilisée dans la caractérisation des aldéhydes (1). Nous avons récemment proposé un dosage simple de cette dicétone (2).

La réduction de cette dicétone par la méthode coulométrique à potentiel constant nécessite d'assez grandes quantités de produit; nous avons commencé à étudier sa réduction polarographique, en employant comme solvant le mélange suivant :

KCl, 0,2 M; éthanol, 10 % en volume; gélatine, 0,04 g/l.

A 20°C, en faisant écouler le mercure à raison d'une goutte toutes les 4 s ($m^{2/3}t^{1/6} = 2{,}20\,mg^{2/3}s^{-1,2}$) on observe une vague qui débute à — 1,2 et s'achève à — 1,7 V (E. C. S.). Le courant de diffusion reste proportionnel à la concentration entre 5.10^{-5} et 3.10^{-2} moles/l. L'erreur est toujours inférieure à 2 %.



Le potentiel de demi-palier varie avec la concentration comme le montre la figure. La valeur du potentiel de demi-palier observé ne permet pas de tenter la réduction en milieu tamponné acide. Par contre en milieu alcalin aucune vague n'apparaît avant — 2 V.

(1) G. Klein et H. Linser, *Mikrochem. Pregl. Fitscher*, 1929, p. 204.

(2) J. Modiano et J. C. Pariaud, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 189.

Lorsqu'on utilise de l'alcool dont le titre varie entre 0 et 80 % on constate que les meilleurs résultats sont obtenus entre 0 et 30 %. Avec de l'alcool à 10 %, le coefficient de température varie de la manière suivante :

De 0 à 10°C, 2,2 %/degré; de 10 à 20°C, 1,3 %/degré; de 20 à 30°C, 1,0 %/degré; de 30 à 40°C, 0,8 %/degré; de 40 à 50°C, 0,6 %/degré.

Le nombre d'électrons intervenant dans la réduction peut être déterminé à partir de l'équation

$$E = E_{\frac{1}{2}} - \frac{0,059}{n} \log \frac{i}{i_d - i},$$

on trouve alors pour n la valeur 0,8.

D'autre part la formule d'Ilkovic, permet de calculer n si l'on connaît D :

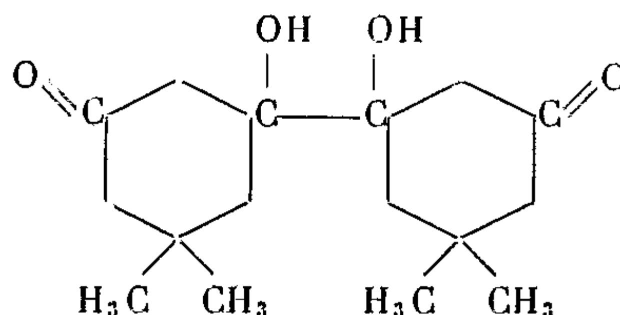
$$i_d = 606\, n\, D^{\frac{1}{2}} m^{\frac{2}{3}} t^{\frac{1}{6}} C.$$

La valeur i_d/C est constante et égale à 2,65. En remplaçant successivement n par les valeurs 1 et 2 on trouve

$$n = 1, \quad D = 3,96.10^{-6};$$
$$n = 2, \quad D = 0,98.10^{-6}.$$

La valeur de D déterminée à l'aide de la formule de Stokes-Einstein est $3,11.10^{-6}$. Les mesures en coulométrie à potentiel constant ont permis de confirmer la valeur $n = 1$. Plusieurs essais ont montré que le rendement en courant est de 100 % si le potentiel cathodique est compris entre — 1,75 et — 1,95 V (E. C. S.). Les résultats sont alors reproductibles à 1 % et indiquent 96 000 coulombs pour une molécule de dimédon.

Une telle réduction conduirait donc à un pinacol :



CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de l'action de l'acide chlorhydrique gazeux sur quelques oxydes métalliques*. Note (*) de M. **Charles Chaleroux**, présentée par M. Paul Lebeau.

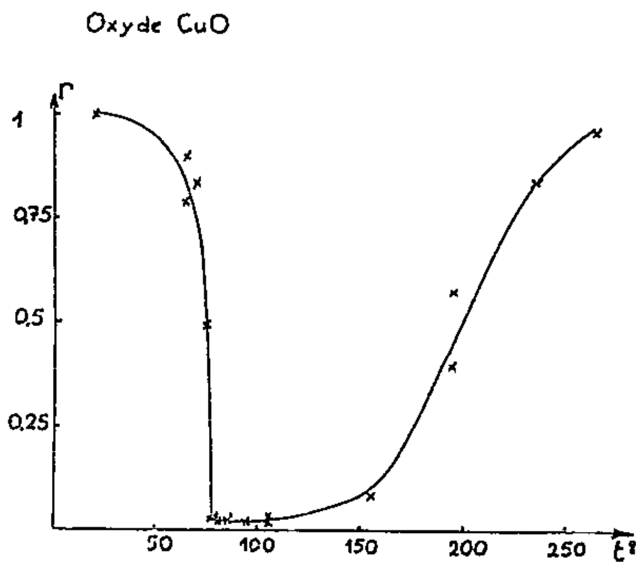
Dans la présente Note, nous donnons les premiers résultats d'une étude dont le sujet nous a été donné par M. Pierre Jolibois. L'action de l'acide chlorhydrique gazeux sur certains oxydes métalliques a été étudiée par J. Besson (¹)

(¹) *Bull. Soc. Chim.*, **12**, 1950, p. 1175.

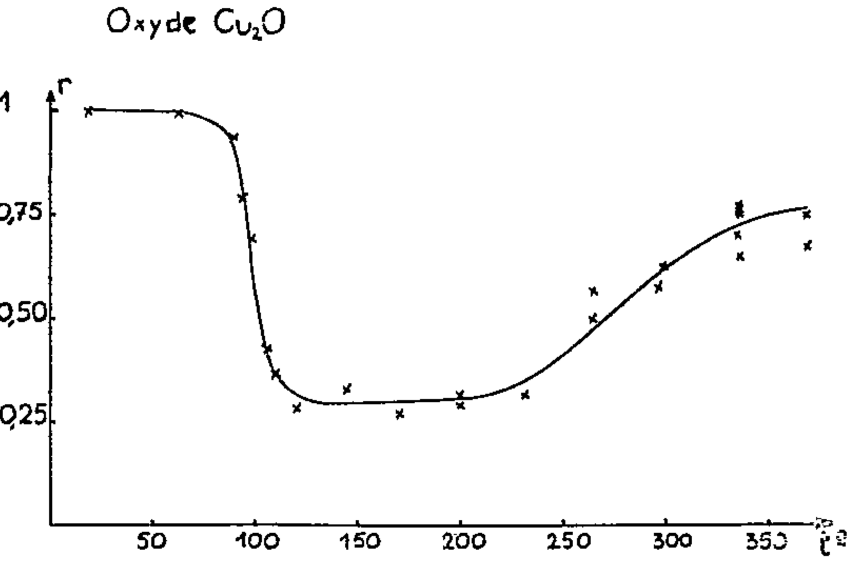
qui mesurait les variations de pression du gaz chlorhydrique en fonction de la température; nous avons abordé le même sujet par une technique différente.

Un courant d'acide chlorhydrique gazeux desséché sur « dehydrite » (perchlorate de magnésium trihydraté) passe durant 6 h sur quelques décigrammes d'oxyde placés dans une nacelle en platine, celle-ci est située dans un four dont

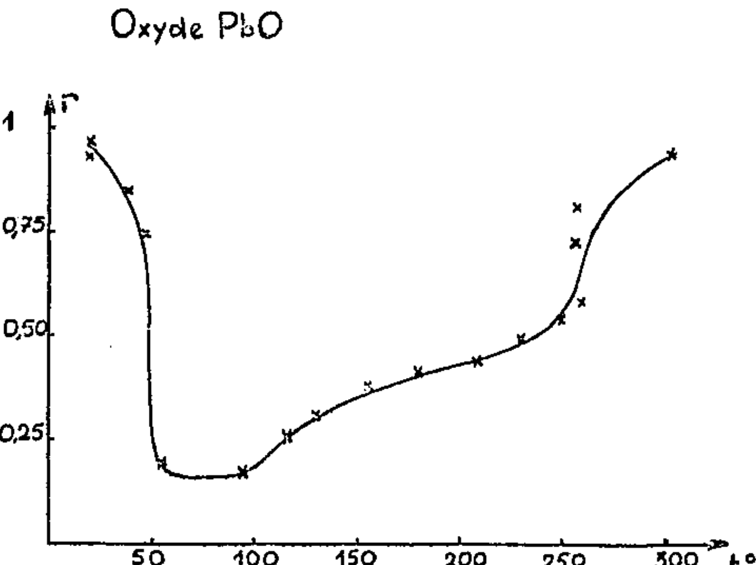
Oxyde Cu O				
t°	r	prise	Δ p'	eau
		en grammes		
18	1	0,268	0,239	0,006
65	0,9	0,234	0,145	0,046
75	0,49	0,266	0,091	0,030
75	0,03	0,259	0,005	0,004
105	0,02	0,253	0,004	0,001
155	0,09	0,222	0,014	0,008
265	0,96	0,241	0,161	0,056



Oxyde Cu_2O				
t°	r	prise	Δ p'	eau
		en grammes		
17	1	0,271	0,104	0,038
95	0,79	0,243	0,074	0,025
110	0,37	0,277	0,039	0,016
120	0,29	0,253	0,028	0,012
232	0,32	0,245	0,030	0,012
265	0,50	0,251	0,048	0,018
370	0,75	0,216	0,062	0,024



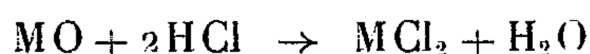
Oxyde Pb O				
t°	r	prise	Δ p'	eau
		en grammes		
18	0,96	0,699	[illegible]	0,058
38	0,85	0,675	0,141	0,050
55	0,20	0,687	0,033	0,015
115	0,26	0,705	0,045	0,020
230	0,49	0,699	0,084	0,033
260	0,59	0,707	0,102	0,039
305	0,94	0,701	[illegible]	0,057



la température reste constante pendant l'expérience; au cours du chauffage et du refroidissement le tube est parcouru par un courant d'azote, l'action de l'acide chlorhydrique a lieu ainsi uniquement à la température choisie. L'eau formée est recueillie dans un tube en U contenant de la « dehydrite », le tube en U et la nacelle sont pesés avant et après l'expérience, ce qui donne la quantité d'eau dégagée et la variation de poids de l'oxyde. Le produit obtenu

est analysé et examiné aux rayons X (diagramme X de poudre, rayonnement monochromatique Kα du cuivre).

Supposons que la réaction se fasse complètement suivant le schéma :



$$MO + 2HCl \rightarrow MCl_2 + H_2O$$

nous pouvons calculer dans ce cas l'augmentation du poids de la nacelle Δp et le poids de l'eau dégagée.

A la température ordinaire les mesures effectuées pour Cu_2O et CuO sont en parfait accord avec les valeurs et calculées pour PbO elles s'en rapprochent beaucoup. Nous signalons que dans le cas de CuO, l'eau reste fixée sur le chlorure formé; un diagramme de rayons X montre en effet que le produit obtenu est un mélange de chlorure anhydre et de chlorure dihydraté.

Au-dessus de la température ordinaire, la réaction n'est plus complète; nous caractérisons alors son degré d'avancement par la valeur du rapport $r = \Delta p'/\Delta p$, $\Delta p'$ étant l'augmentation de poids mesurée de l'oxyde ($\Delta p' \leq \Delta p$). Pour les oxydes cités, r est donc égal ou voisin de 1 à la température ordinaire; les courbes $r = f(t)$ montrent que les valeurs de r diminuent très rapidement et sont très faibles dans une zone de température voisine de 100°, elles croissent ensuite lentement. Les expériences ne peuvent être poursuivies au-delà d'une température qui dépend de la volatilité des chlorures.

Les conditions opératoires adoptées sont telles que nous ne sommes jamais dans les conditions de l'équilibre; la réaction a toujours tendance à évoluer en fonction du temps. C'est ainsi que dans le cas de CuO à 195°, après des temps de passage du gaz chlorhydrique de 6, 30 et 78 h, les valeurs du rapport r sont respectivement : 0,6, 0,85 et 0,94. Néanmoins nos expériences dont la durée à été fixée à 6 h ont une valeur comparative.

Ces recherches sont étendues à d'autres oxydes.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le cyanure de bore.*

Note de M. **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Paul Lebeau.

En mai 1914, M. Lebeau avait entrepris l'étude d'un certain nombre de cyanures, et plus particulièrement de ceux des métalloïdes. L'action du cyanure d'argent sur les chlorures anhydres de ces éléments lui paraissait susceptible de conduire à ces composés. C'est à cet effet que dans un matras de verre scellé avait été placé un mélange de cyanure d'argent pur et sec et de chlorure de bore en excès. La guerre de 1914-1918 vint interrompre ces travaux, et le récipient scellé, égaré au cours d'un déménagement de laboratoire, a été retrouvé cette année. M. Lebeau nous a chargé d'en examiner le contenu.

Le chlorure de bore ne réagit pas immédiatement, à la température

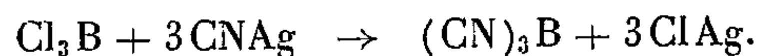
ordinaire, sur le cyanure d'argent; ce dernier est resté longtemps pulvérulent, en conservant sa teinte initiale. Après les 40 années de contact qui lui furent imposées, son aspect s'était profondément modifié : la partie solide adhérant fortement au verre semblait homogène et était de couleur blanc crème. On a procédé, après refroidissement dans la neige carbonique, à la séparation du liquide par simple décantation et égouttage, en prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter l'intervention de l'air et de l'humidité. Le solide restant dans le matras a été ensuite soumis à l'action de la chaleur sous vide avec condensation totale des produits volatils. On a élevé progressivement la température et recueilli au-dessous de 100° quelques grammes d'un liquide incolore qui n'était autre que du chlorure de bore pur. En maintenant ensuite à la température de 150° pendant plusieurs heures, il s'est formé un sublimé constitué par des cristaux aciculaires incolores.

Le résidu non volatilisé est du chlorure d'argent sensiblement pur, ainsi que l'établissent les résultats analytiques ci-après : Cl % : 24,57-24,60; Ag % : 75,01-74,94 (calculé pour ClAg : Cl % : 24,79; Ag % : 75,21).

D'autre part, l'analyse du sublimé a montré qu'il possédait la composition d'un cyanure de bore $(CN)_3B$: B % : 11,75-11,90; (CN) % : 86,80-86,96 [calculé pour $(CN)_3B$: B % : 12,17; (CN) % : 87,83].

Ce nouveau composé fond à 146°,5 (méthode du tube capillaire scellé). Sa densité, prise dans l'éther de pétrole où il est insoluble, est, à 20°, de 2,23. Dans le benzène, l'éther sulfurique, le chloroforme, le tétrachlorure et le sulfure de carbone, il se dissout dans la proportion de 3 à 4 %. Il est susceptible de réagir avec beaucoup de liquides organiques. Sa solubilité dans le chlorure de bore (environ 4 %) a permis d'en séparer une certaine quantité par distillation du liquide provenant de la décantation signalée plus haut.

De l'ensemble des données quantitatives recueillies, il a été établi que la réaction produite a lieu quantitativement selon l'équation



$$Cl_3B + 3CNAg \rightarrow (CN)_3B + 3ClAg.$$

Nous avons pu constater, dans les nouveaux essais de préparation effectués, que l'intervention de la température permettait d'accroître la vitesse de la réaction, mais qu'elle reste encore très lente jusqu'à 60°; au-dessus de cette température, elle devient nettement visible, mais elle est accompagnée d'une polymérisation conduisant à la formation de produits plus ou moins colorés, et déjà presque noirs à 130°. Nous préciserons ultérieurement les conditions les plus favorables pour la préparation d'un cyanure de bore aussi pur que celui qui vient d'être décrit.

Quelques examens préliminaires du spectre infrarouge du cyanure de

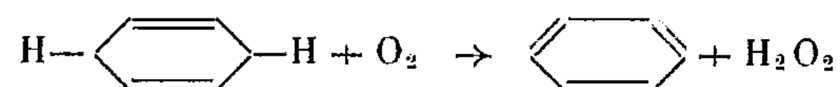
bore ne nous ont pas encore permis d'être fixé sur la nature des liaisons du groupe —CN.

Nous poursuivons l'étude de ce composé; nous tenons toutefois à mentionner dès maintenant qu'il est doué d'une grande nocivité, dépassant celle de l'acide cyanhydrique : des traces, même très faibles, de sa vapeur causent une irritation des yeux, et de violents maux de tête.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés sodés des diènes-1.4 : Cas du cyclohexadiène-1.4 et du dihydro-1.4 naphtalène.* Note de MM. **Raymond Paul** et **Serge Tchelitcheff**, présentée par M. Marcel Delépine.

Des deux dihydrobenzènes, seul le cyclohexadiène-1.4 (dihydro-1.4 benzène) peut être obtenu par hydrogénation ménagée du benzène. En réduisant ce dernier carbure par le sodammonium et le méthanol selon les indications de Wooster (1), nous avons pu isoler (Rdt 81 %) un produit bouillant à 87-89°, se solidifiant à — 42°, et qui d'après son spectre ultraviolet ne contient pas plus de 15,5 g de benzène pour 100 cm³.

Le cyclohexadiène-1.4 y est mis en évidence par transformation en tétrabromo-1.2.4.5 cyclohexane fusible à 188° (Br% = 79,97 tr; 80,0 calc.). Il doit être séché et rectifié au moment de l'emploi car au contact de l'air il se forme de l'eau oxygénée, en même temps que son titre en benzène augmente, sans doute par suite de la réaction



Nous basant sur les exemples du cyclopentadiène et du divinylméthane, nous pensions que le cyclohexadiène-1.4 donnerait un dérivé monosodé et peut-être un dérivé disodé. Nos essais de sodation, effectués à l'aide de l'amylsodium comme dans le cas du divinylméthane (2) nous ont montré qu'il n'en était rien.

Nous avons d'abord constaté qu'une molécule de dihydro-1.4 benzène ne réagit que sur une molécule d'amylsodium. Si on traite en effet par un excès de glace carbonique le produit de la réaction entre 0,08 mol de dihydro-1.4 benzène et 0,17 mol d'amylsodium, au sein de l'éther de pétrole (350 cm³), on peut isoler 0,07 mol d'*acide caproïque*, ce qui montre que la moitié de l'amylsodium mis en œuvre n'avait pas réagi.

Dans un autre essai portant cette fois sur 0,17 mol de dihydro-1.4 benzène et 0,17 mol d'amylsodium, la carbonatation ne nous a plus donné

(1) *U. S. P.* 2.182.242, 3 mai 1938.

(2) R. Paul et S. Tchelitcheff, *Bull. Soc. Chim.*, 1948, p. 109.

d'acide caproïque, mais nous n'avons obtenu ni acide dihydrobenzoïque, ni acide dihydrotéréphtalique. Nous n'avons isolé que de l'*acide formique* (caractérisé à l'état de formiate de p-bromophénacycle, F 147°), en quantité sensiblement équivalente à l'amylsodium employé.

Pour connaître le sort du dihydrobenzène, on a répété l'essai précédent au sein du cyclohexane (exempt de benzène). On ajoute une solution de 16 g de dihydrobenzène (= 0,2 mol) dans 25 cm³ de cyclohexane, à une suspension de 0,17 mol d'amylsodium dans 250 cm³ du même solvant. La gelée épaisse, grise, qui se forme, est décomposée par l'eau après 12 h de repos. L'examen spectrophotométrique (U. V.) de la couche insoluble montre que 85 % du dihydrobenzène ont été déshydrogénés en benzène. Tout se passe donc comme si le cyclohexadiène-1.4 monosodé, instable, se décomposait en benzène et hydrure de sodium (que le gaz carbonique transforme ultérieurement en formiate) :

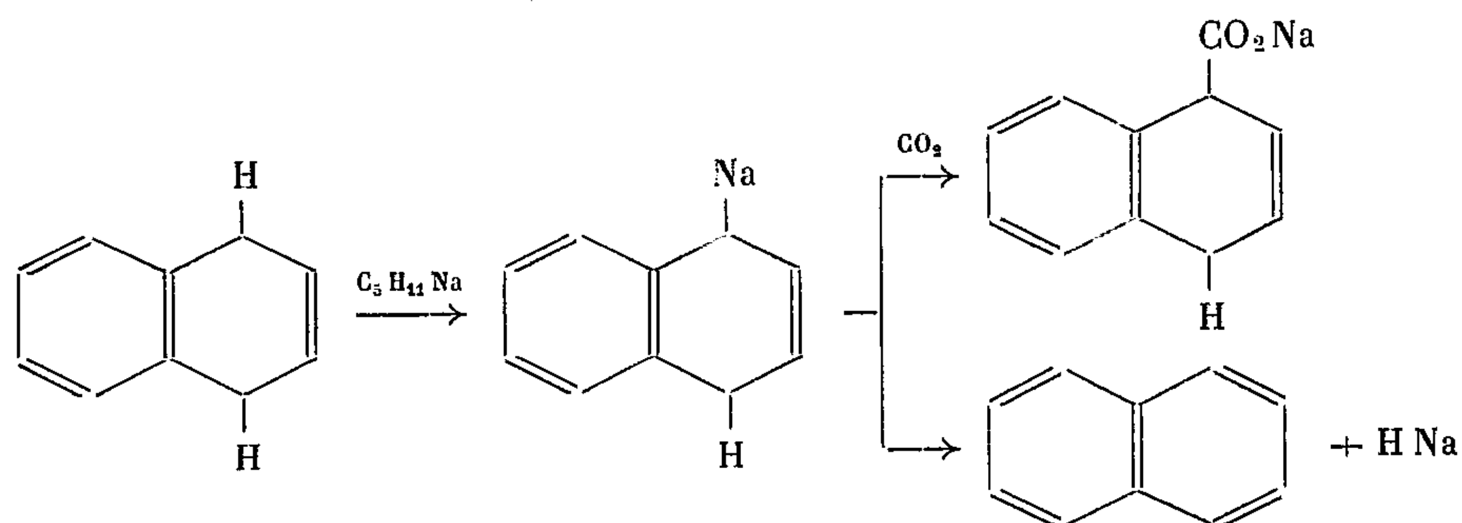


Le comportement du dihydro-1.4 naphtalène [3] est un peu plus complexe. Par carbonatation du produit de la réaction de 23 g de dihydro-1.4 naphtalène (F 24°,6), dissous dans 50 cm³ d'éther de pétrole, sur une suspension dans ce même solvant (250 cm³) de 0,17 mol d'amylsodium, nous avons isolé :

a. de l'acide formique et du naphtalène (14,5 g, soit un rendement de 55 %);

b. de l'acide dihydro-1.4 naphtoïque-1, fusible à 92° (0,035 mol, soit un rendement de 20 %).

Ceci montre que le dérivé sodé du dihydro-1.4 naphtalène bien qu'un peu plus stable que celui du dihydro-1.4 benzène, se décompose aussi selon un mécanisme analogue :



(³) Préparé à partir du naphtalène selon Wooster (¹) et purifié par l'intermédiaire de son dérivé acétomercurique (F 126°).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'acides gras ramifiés ou ω-phénylés par désulfuration de dérivés du thiophène.* Note de MM. **Michel Sy**, **N. P. Buu-Hoï** et **N. Dat-Xuong**, présentée par M. Marcel Delépine.

La méthode de désulfuration réductrice par le nickel de Raney est appliquée à la synthèse d'acides gras ramifiés et d'acides gras ω-phénylés, à partir d'acides adéquats renfermant un noyau thiophène.

Il a été montré par Blicke et Sheets (¹), puis par Papa, Schwenk et Ginsberg (²), que certains dérivés du thiophène peuvent être désulfurés par le nickel de Raney en milieu alcalin, selon une méthode générale découverte par Bougault, Cattelain et Chabrier (³). Nous avons récemment montré (⁴) que cette méthode peut être avantageusement utilisée pour la synthèse d'acides gras ramifiés difficilement accessibles par les voies habituelles. Dans le présent travail nous étendons cette méthode de réduction désulfurante à la préparation, à partir d'acides thiophéniques adéquats, d'une série d'acides gras ramifiés et d'acides gras ω-phénylés intéressants pour la chimie biologique.

1° *Acide diméthyl-9,9 caprique* (I). — Cet isomère de l'acide laurique est un liquide incolore, $É_{13}$ 174°, $n_D^{23°}$ 1,4731 ($C_{12}H_{24}O_2$, calculé %, C 72,0; H 12,0; trouvé %, C 71,9; H 12,2), dont l'*amide* correspondant cristallise du méthanol en aiguilles incolores F 64-65° ($C_{12}H_{25}ON$, calculé %, N 7,03; trouvé %, N 7,0) Cet acide s'obtient avec un rendement de 75 % en faisant réagir sur l'acide γ-(tertiobutyl-5 thiényl-2) butyrique en milieu alcalin, un grand excès de nickel de Raney selon la technique habituelle.

2° *Acide α-éthyl-n-valérianique* (II). — S'obtient à partir de l'acide diméthyl-2.5 thiophène-3 carboxylique sous forme d'un liquide incolore, É 209-210°, n_D^{22} 1,4180; le *chlorure d'acide* correspondant est également un liquide É 156° ($C_7H_{13}OCl$, calculé %, Cl 23,9; trouvé %, Cl 23,6) et l'*amide* fond à 102° (⁵).

3° *Acide 5-éthylcaprylique* (III). — Obtenu à partir de l'acide γ-(diméthyl-2.5 thiényl-3) butyrique, c'est une huile incolore, $É_{24}$ 166-168°, ($C_{10}H_{20}O_2$, calculé %, C 69,8 et H 11,6; trouvé %, C 69,5 et H 11,8), à laquelle correspond un *amide* cristallisant du méthanol en aiguilles incolores F 94° ($C_{10}H_{21}ON$, calculé %, N 8,2; trouvé %, N 8,0).

4° *Acide α-n-butylœnanthylique* (IV). — C'est une huile incolore, $É_{28}$ 170-173° ($C_{11}H_{22}O_2$, calculé %, C 71,0 et H 11,8; trouvé %, C 71,1 et H 12,0), dont l'*amide* correspondant cristallise du méthanol en fines aiguilles incolores, F 92° ($C_{11}H_{23}ON$, calculé %, N 7,6; trouvé %, N 7,8). Cet acide a été obtenu en partant de l'*acide di-n-propyl-2.5 thiophène-3 carboxylique*, $É_{16}$ 187-188°, cristallisant de l'éther de pétrole en aiguilles incolores F 126-127° ($C_{11}H_{16}O_2S$, calculé %, C 62,3 et H 7,5; trouvé %, C 62,0 et H 7,8),

---

(¹) *J. Am. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 3768.

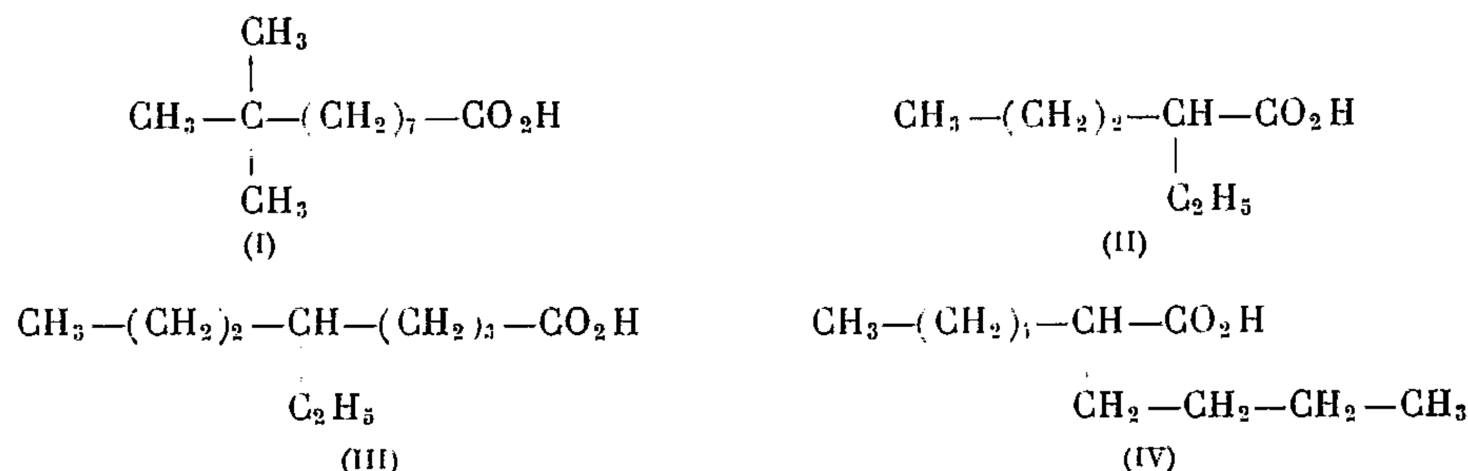
(²) *J. Organic Chem.*, 14, 1949, p. 723.

(³) *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 1699; 6, 1939, p. 34; 7, 1940, p. 780.

(⁴) Sy, Buu-Hoï et Xuong, *J. Chem. Soc.*, 1954, p. 1975.

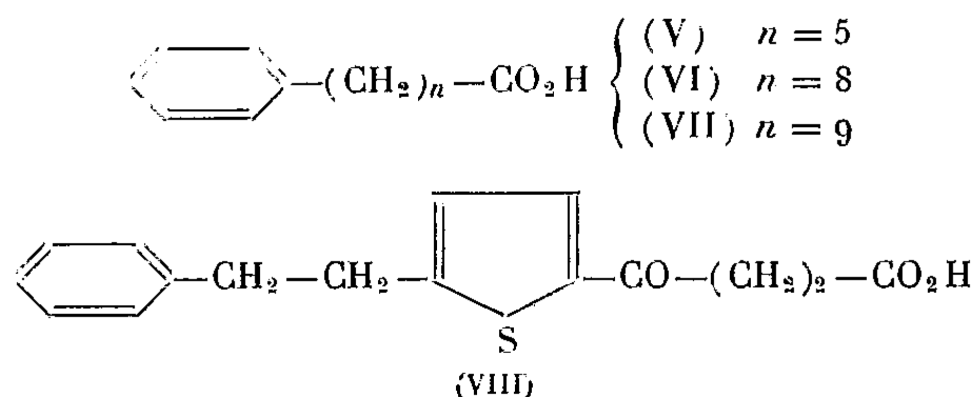
(⁵) Levène, Rothen, Meyer et Kuna, *J. Biol. Chem.*, 115, 1936, p. 401; Paul et Tchelitcheff, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 1199.

que l'on prépare en oxydant, au moyen de l'hypobronite de sodium, le *di-n-propyl-2.5 acétyl-3 thiophène*, huile jaune pâle, $\acute{E}_{23}$ 163-165°, $n_D^{26°}$ 1,5271 ($C_{12}H_{18}OS$, calculé %, C 68,6 et H 8,6; trouvé %, C 68,4 et H 8,8), dont la *semicarbazone* cristallise de l'éthanol en aiguilles incolores F 192-193° ($C_{13}H_{21}ON_3S$, calculé %, N 15,7; trouvé %, N 15,4).



5° *Acide ω-phénylcaproïque* (V). — Huile jaune pâle, $\acute{E}_{24}$ 201-202°, $n_D^{21°}$ 1,5164, dont l'*amide* cristallise du méthanol en paillettes incolores, F 90° ($C_{12}H_{17}ON$, calculé %, N 7,3; trouvé %, N 7,2). Cet acide, déjà connu ([6]), est obtenu à partir de l'*acide benzyl-5 thiophène-2 carboxylique*, cristallisant de l'eau en prismes incolores F 131-132° ($C_{12}H_{10}O_2S$, calculé %, C 66,0 % et H 4,6; trouvé % C 65,8 et H 4,8), et préparé lui-même par oxydation, à l'hypobromite de sodium, du *benzyl-5 acétyl-2 thiophène*, $\acute{E}_{25}$ 218°, $n_D^{24°}$ 1,6085 ($C_{13}H_{12}OS$, calculé %, C 72,2 et H 5,6 %; trouvé %, C 72,0 et H 5,8) dont la *semicarbazone* cristallise du méthanol en aiguilles incolores F 239°.

6° *Acide ω-phénylpélargonique* ([7]) (VI). — Huile jaune pâle, $\acute{E}_{28}$ 236-238°, $n_D^{23°}$ 1,5143, donnant un *chlorure d'acide* liquide, $\acute{E}_{20}$ 190-191°, $n_D^{26°}$ 1,5211 ($C_{15}H_{21}OCl$, calculé %, Cl 14,0; trouvé %, Cl 13,7) et un *amide* cristallisant du méthanol en prismes incolores, F 91-92° ($C_{15}H_{22}ON$, calculé %, N 6,0; trouvé %, N 6,2). Cet acide est obtenu à partir de l'*acide γ-(benzyl-5 thiényl-2) butyrique*, $\acute{E}_{16}$ 253-254°, cristallisant de l'éther de pétrole en aiguilles incolores F. 36° ($C_{15}H_{16}O_2S$, calculé %, C 69,2 et H 6,2; trouvé %, C 69,3 et H 6,3), lui-même préparé par réduction, selon la méthode de Kishner-Wolff et Huang-Minlon, de l'*acide β-(benzyl-5-thénoyl-2) propionique* (préparé par succinoylation du benzyl-2 thiophène), cristallisant du méthanol en aiguilles incolores, F 108° ($C_{15}H_{14}O_3S$, calculé %, C 65,7 et H 5,1; trouvé % C 65,6 et H 5,3).



7° *Acide ω-phénylcaprique* (VII). — Décrit par Borsche ([6]), se présente sous forme d'une huile $\acute{E}_{20}$ 234-236°, se solidifiant en cristaux F 40°; le *chlorure d'acide* correspondant est une huile $\acute{E}_{20}$ 204-205° ($C_{16}H_{23}OCl$, calculé %, C 72,0; H 8,6; trouvé %, C 72,2; H 8,5);

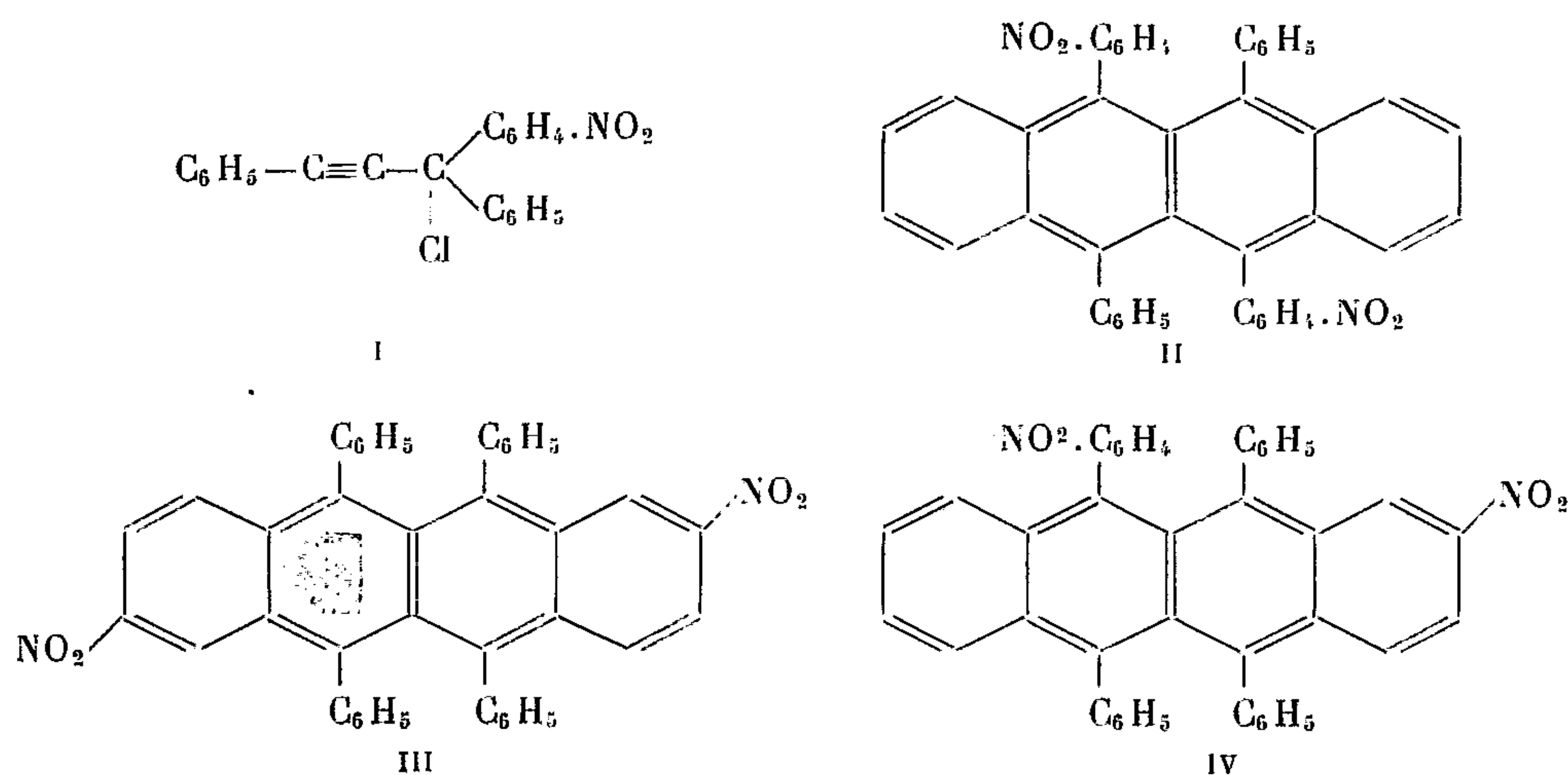
([6]) VON BRAUN, *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, 44, 1911, p. 2873; BORSCHE, *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, 52, 1919, p. 2084.

([7]) RAPER et WAYNE, *Biochem. J.*, 22, 1928, p. 194.

et l'*amide* cristallise du méthanol en paillettes incolores, F 94-95° ($C_{16}H_{25}ON$, calculé %, N 5,6; trouvé %, N 5,5). L'acide (VII) s'obtient à partir de l'*acide* γ-(β-*phényl-éthyl-5 thiényl-2*) *butyrique*, $É_{22}$ 262-264°, cristallisant de l'éther de pétrole en prismes incolores, F 48-49° ($C_{16}H_{18}O_2S$, calculé %, C 70,1; H 6,6; trouvé %, C 69,8; H 6,5), préparé par réduction à l'hydrate d'hydrazine et à la potasse, de l'*acide* β-(β-*phényléthyl-5 thénoyl-2*) *propionique* (VIII) (produit de la succinoylation du β-phényléthyl-2 thiophène), cristallisant de la ligroïne en paillettes incolores, F 127-128° ($C_{16}H_{16}O_3S$, calculé %, C 66,7; H 5,6; trouvé %, C 66,5; H 5,8).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réaction rubrénique du chlorure de phénylparanitrophényl-(phényléthynyl)-méthyle.* Note de MM. **Roland Jaeger**, **Paul Cadiot** et **Antoine Willemart**, présentée par M. Charles Dufraisse.

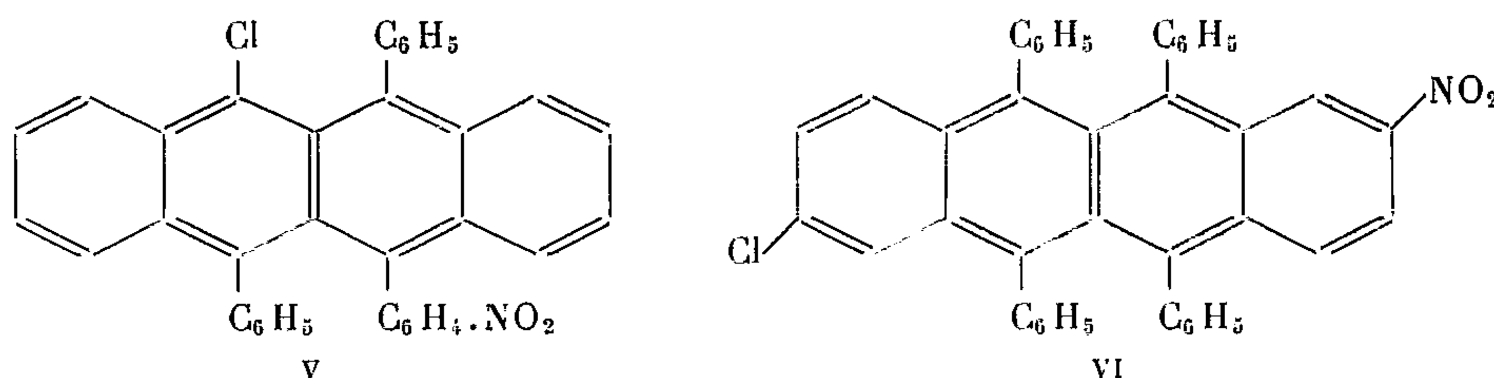
En soumettant à l'action de la chaleur le chlorure de phényl-paranitrophényl-(phényléthynyl)-méthyle I, on a pu isoler, par chromatographie sur alumine, cinq composés présentant indiscutablement les caractères habituels des dérivés naphtacéniques : cristaux fortement colorés, de point de fusion élevé, présentant le phénomène de la photooxydation, et, à des degrés divers, celui de l'union labile de l'oxygène. Suivant la théorie émise par Ch. Dufraisse (1), maintes fois vérifiée (2), quand on effectue la réaction rubrénique sur des esters triarylpropargyliques présentant une substitution en para sur un seul des deux phényles géminés, trois dérivés naphtacéniques isomères peuvent se former : dans le cas de celui qui fait l'objet de cette Note, deux doivent avoir des formules centrosymétriques, II et III, le troisième une formule dissymétrique IV.



(1) *Bull. Soc. Chim.*, (5), 3, 1936, p. 1857.

(2) C. Dufraisse et M. Loury, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1664; J. Valls, *Thèse*, Faculté des Sciences, Paris 1954 (janvier); D. Bertin, *Ann. Chim.*, 8, 1953, p. 296.

En fait, ces trois isomères ont bien été identifiés. Quant aux deux composés supplémentaires que l'analyse par chromatographie a fournis, ce ne sont pas des isomères en surnombre, mais des dérivés qui se forment d'une manière inattendue, sous l'influence de l'acide chlorhydrique dégagé dans le milieu réactionnel : ils résultent de la substitution par un atome de chlore, soit d'un groupe paranitrophényle, V, soit d'un groupe nitré, VI.



L'étude des propriétés physiques (absorption chromatographique, températures de fusion, spectres d'absorption) et chimiques (photooxydation, union labile de l'oxygène) a conduit à leur attribuer les formules ci-dessus (II à VI).

Diphényl-10.12 *di (paranitrophényl)*-9.11 *naphtacène :* $C_{42}H_{26}O_4N_2$ (formule II). — Cristaux orangés; F 364°; maxima d'absorption à 2 830, 3 030, 4 300, 4 650, 4 950 et 5 280 Å; C % 80,38; H % 4,20; théorie : C % 81,0; H % 4,18. Oxygène dégagé par décomposition thermique du photooxyde : 60 % de la théorie.

Tétraphényl-9.10.11.12 *dinitro*-2.6 *naphtacène :* $C_{42}H_{26}O_4N_2$ (formule III). — Cristaux violet foncé; F 361°; maxima d'absorption à 3 040, 3 490, 4 200, 4 470, 5 050, 5 400 et 5 820 Å; C % 80,68; H % 4,36; théorie : C % 81,0; H % 4,18. Oxygène dégagé par décomposition thermique du photooxyde : traces (3 %).

Triphényl-10.11.12 *paranitrophényl*-9 *nitro*-2 *naphtacène :* $C_{42}H_{26}O_4N_2$ (formule IV). — Cristaux violets; F 335°; maxima d'absorption à 2 830, 3 070, 3 680, 4 200, 4 450, 4 950, 5 300 et 5 640 Å; C % 80,52; H % 4,33; théorie : C % 81,0; H % 4,18. Ce composé donne deux photooxydes isomères dont l'un libère 20 % et l'autre 40 % de l'oxygène théorique.

Diphényl-10.12 *chloro*-9 *paranitrophényl*-11 *naphtacène :* $C_{36}H_{22}O_2NCl$ (formule V). — Cristaux rouge orangé; F 285°; maxima d'absorption à 3 070, 4 650, 4 970 et 5 300 Å; C % 80,52; H % 4,30; Cl % 6,59; N % 2,62; théorie : C % 80,65; H % 4,11; Cl % 6,63; N % 2,62. Oxygène dégagé par décomposition thermique du photooxyde : 25 % de la théorie.

Tétraphényl-9.10.11.12 *chloro*-6 *nitro*-2 *naphtacène :* $C_{42}H_{26}O_2NCl$ (formule VI). — Cristaux violets; F 318°; maxima d'absorption à 3 220, 3 670, 3 760, 4 240, 4 500, 5 050, 5 340 et 5 660 Å; C % 82,32; H % 4,31; Cl % 5,74; N % 2,42; théorie : C % 82,45; H % 4,25; Cl % 5,80; N % 2,29. Oxygène dégagé par décomposition thermique du photooxyde : 40 % de la théorie.

Il convient de signaler que ces cinq dérivés naphtacéniques ne se sont formés dans la réaction rubrénique qu'avec un rendement global de 10-15 % et que seule la méthode chromatographique sur alumine a permis de les séparer. Les divers composés s'éluent dans l'ordre suivant : V, VI, III, II et IV.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Épitaxie des microcristaux d'or sur le graphite. Étude au microscope électronique et par diffraction électronique.* Note (*) de M. **Raymond Hocart** et Mme **Agnès Oberlin** (**Mathieu-Sicaud**), transmise par M. Louis Royer.

L'orientation des microcristaux d'or sur le plan (0001) du graphite empêche la courbure des particules d'or habituellement observée par dépôt sur un support inerte. L'accolement se fait suivant [110] de l'or, orientée parallèlement à [100] du graphite. Les microcristaux d'or prennent le paramètre du graphite.

Nous nous sommes proposés d'observer à l'échelle du microscope électronique, des microcristaux en épitaxie sur un *support à petits paramètres absolus*. Nous avons choisi l'or déposé sur un clivage frais de graphite.

Pour préparer un monocristal assez mince pour être utilisé directement comme support en microscopie électronique, on opère par clivages successifs au moyen de ruban adhésif. Après dissolution de l'adhésif dans le benzène et rinçage du graphite, les fragments de graphite sont recueillis sur une grille porte objet.

La membrane de graphite est transparente et d'épaisseur inférieure à 200 Å.

La préparation a été examinée en diffraction électronique. Le diagramme est celui d'un monocristal hexagonal de paramètre 2,45 Å et ne présente aucune anomalie.

La précipitation des microcristaux d'or se fait par réduction d'une solution diluée d'acide chloraurique, soit par l'acide formique à froid, soit par l'acide oxalique à chaud (1).

Nous avons étudié tout d'abord le dépôt obtenu sur formvar, puis le dépôt en épitaxie sur le graphite, dans les mêmes conditions de précipitation.

Sur formvar, dans le cas de l'acide formique utilisé comme réducteur, on observe en microscopie électronique de beaux cristaux hexagonaux ou triangulaires posés sur le plan (111). Le diamètre moyen des particules est voisin de 5 000 Å. Leur épaisseur moyenne est de 80 Å. Tous les cristaux

(*) Séance du 27 octobre 1954.

(1) J. Mering, A. Mathieu-Sicaud et I. Perrin-Bonnet, *Comptes rendus du XIXe Congrès Géologique d'Alger*, septembre 1953, p. 103-107.

observés montrent des bords arrondis. Une série de franges sombres s'oriente parallèlement aux côtés et aux hauteurs des polygones. Ces résultats sont conformes à ceux de Suito et Uyeda [2]; en effet, d'après ces auteurs, les images de microscopie électronique révèlent une courbure dont le rayon est compris entre 5 et 30 μ.

Dans le cas de la réduction par l'acide oxalique, les cristaux d'or formés sont beaucoup plus petits (diamètre de 1000 Å) et très arrondis. Exceptionnellement on observe des particules de taille supérieure identiques à celles obtenues avec l'acide formique, en ce qui concerne la transparence et les franges.

En diffraction électronique, les cristaux dépourvus de franges donnent un diagramme normal, ne montrant que les taches type $(20\bar{2})$ (réseau polaire cubique centré) et conduisent à un paramètre suivant [110] de 2,88 Å.

Pour les cristaux minces et comportant des franges, il apparaît outre les taches $(20\bar{2})$, les taches type $(11\bar{1})$ des plans polaires limitrophes. Ces taches sont moins intenses que $(20\bar{2})$. Ceci confirme la courbure des particules établie par Suito et Uyeda.

Lorsqu'on examine les cristaux d'or précipités à la surface d'un clivage frais de graphite, on observe des particules hexagonales ou triangulaires absolument dépourvues de franges. Ces dernières sont posées sur leur plan (111); leur rangée [110] est parallèle à [100] du graphite suivant trois orientations équivalentes. Quel que soit le réducteur utilisé les microcristaux sont toujours bien formés et leur dimension moyenne est voisine de 5 000 Å pour une épaisseur de 80 Å.

L'examen par diffraction électronique d'un cristal unique d'or posé sur le graphite montre un diagramme de monocristal. Il existe un seul système de taches dont les positions sont celles du graphite. Aucune tache ne correspond au diagramme de l'or.

Par conséquent il est possible d'admettre une contrainte du réseau de l'or par le graphite, conduisant à un paramètre suivant [110] voisin de celui du graphite.

Si le monocristal d'or déposé sur graphite est chauffé en dessous du point de fusion, sa forme extérieure n'est pas modifiée mais le système de franges observé sur formvar reparaît.

D'autre part le diagramme de diffraction électronique relatif à ce cristal montre un dédoublement du système de taches. L'une des séries se rapporte au graphite, l'autre série est identique au diagramme anormal de l'or [taches $(20\bar{2})$ associées à $(11\bar{1})$].

---

(2) *Proc. Jap. Acad.*, 29, n° 7, 1953, p. 324-330.

Le chauffage a donc permis aux atomes du réseau de l'or de reprendre leurs positions normales et par la même occasion le cristal s'est à nouveau courbé en se décollant du support de graphite.

Cette expérience confirme l'existence de la contrainte apportée par l'épitaxie, lors de la précipitation normale de l'or sur le graphite.

GÉOLOGIE. — *Sur quelques mouvements tectoniques récents sur les côtes Nord et Est de la Sicile.* Note de MM. **François Ottmann** et **Jacques Picard**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Nous avons eu l'occasion, au cours d'un voyage en Sicile, d'étudier le littoral dans les régions de Palerme, de Milazzo et de Taormina, où l'on a la preuve de mouvements tectoniques quaternaires récents, s'étendant jusqu'à la période historique.

1° *Palerme.* — L'étude du conglomérat fossilifère du Tyrrhénien à faune « sénégalienne » dans la région du Monte Pellegrino nous montre des mouvements de l'ordre d'une dizaine de mètres. En effet, la base de ce Tyrrhénien varie de — 2 à — 3 m (il plonge sous la mer) et s'élève ailleurs à 8 et même 10 m environ. Cette formation est très littorale et mêlée d'éboulis de pied de falaise. Elle présente partout le même faciès biocoenotique, ce qui nous permet d'affirmer qu'il s'agit bien de mouvements du sol postérieurs aux dépôts, et non pas de différents horizons biocoenotiques naturellement superposés.

2° *Milazzo.* — Malgré l'altitude des gisements classiques, le « Milazzien » de Milazzo n'est pas du « Milazzien » au sens propre du terme, c'est-à-dire à faune banale : mais un vrai Tyrrhénien qui contient des éléments de la faune « sénégalienne » [*Patella ferruginea*, ainsi que le Strombe jadis signalé à Milazzo par Philippi ([1])]. Postérieurement au dépôt de ce Tyrrhénien, un important mouvement de gauchissement du cap Milazzo a soulevé, sur la côte Ouest, les gisements de cailloutis marins jusqu'à l'altitude de 55 à 60 m, alors que, sur la côte Sud-Est, ceux-ci plongent sous la mer. Des traces de ce mouvement sont encore bien visibles à la pointe Nord-Ouest, où il semble se continuer depuis l'époque historique. En effet, dans une petite crique, une ancienne plate-forme d'abrasion marine (surmontée d'une ancienne rainure littorale) conserve dans ses fissures, à 60 cm d'altitude, des débris de poteries romaines cimentées par des Algues calcaires.

3° *Taormina.* — Nous avons étudié les très belles traces d'un ancien rivage à + 5 m, s'étendant sur près de 15 km et déjà signalé par Lima-

([1]) *Enumeratio Molluscorum Siciliæ*, 2, 1884; *voir* aussi : F. Ottmann et J. Picard, *Contribution à l'étude du Quaternaire des régions de Palerme et Milazzo* (Sicile); *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 4 juin 1954 (sous presse).

nowski. Les anfractuosités de la roche calcaire y présentent des concrétionnements coralligènes et l'ancienne rainure littorale, des vestiges d'un encorbellement de Tenarea à + 5 m. L'état de fraîcheur des coquilles des *Lithodomus* encore en place dans les innombrables perforations, entre 0 et 5 m, ainsi que la présence de débris de poteries romaines cimentés par des Algues calcaires et maintenant émergés, témoignent de l'âge historique de ce mouvement. Dans toute la région, cette ancienne ligne de rivage se maintient sensiblement horizontale, sans aucun gauchissement important : il semble donc qu'il s'agisse là du mouvement d'un bloc (faillé ?) qui se serait soulevé d'une seule pièce.

Ces trois exemples contribuent à mettre en évidence l'importance des déformations récentes, qu'il ne faut ni négliger, ni même sous-estimer lorsqu'on étudie les oscillations marines.

GÉOLOGIE. — *Granulométrie de sables quaternaires de la région Saoura-Ougarta* (*Sahara Occidental*). Note de M[lles] **Henriette Alimen** et **Danièle Fenet**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Après avoir caractérisé la granulométrie des sables d'ergs de la région Saoura-Ougarta (¹), nous dégagerons aujourd'hui les premiers résultats concernant les autres sables quaternaires de la même région (²).

1° *Sables des dépôts en nappe du Quaternaire ancien* Q_I (1[er] *Pluvial*). — Les courbes granulométriques sont du type représenté en Q_I sur la figure. Très inclinées sur l'axe des abscisses (hétérométrie 0,18 à 0,21), elles comportent trois ou quatre maxima très étalés. La grossièreté varie de 0,18 à 0,25. Ces sables se séparent des sables pliocènes de la Hamada (P) par une grossièreté plus faible et une hétérométrie nettement plus forte.

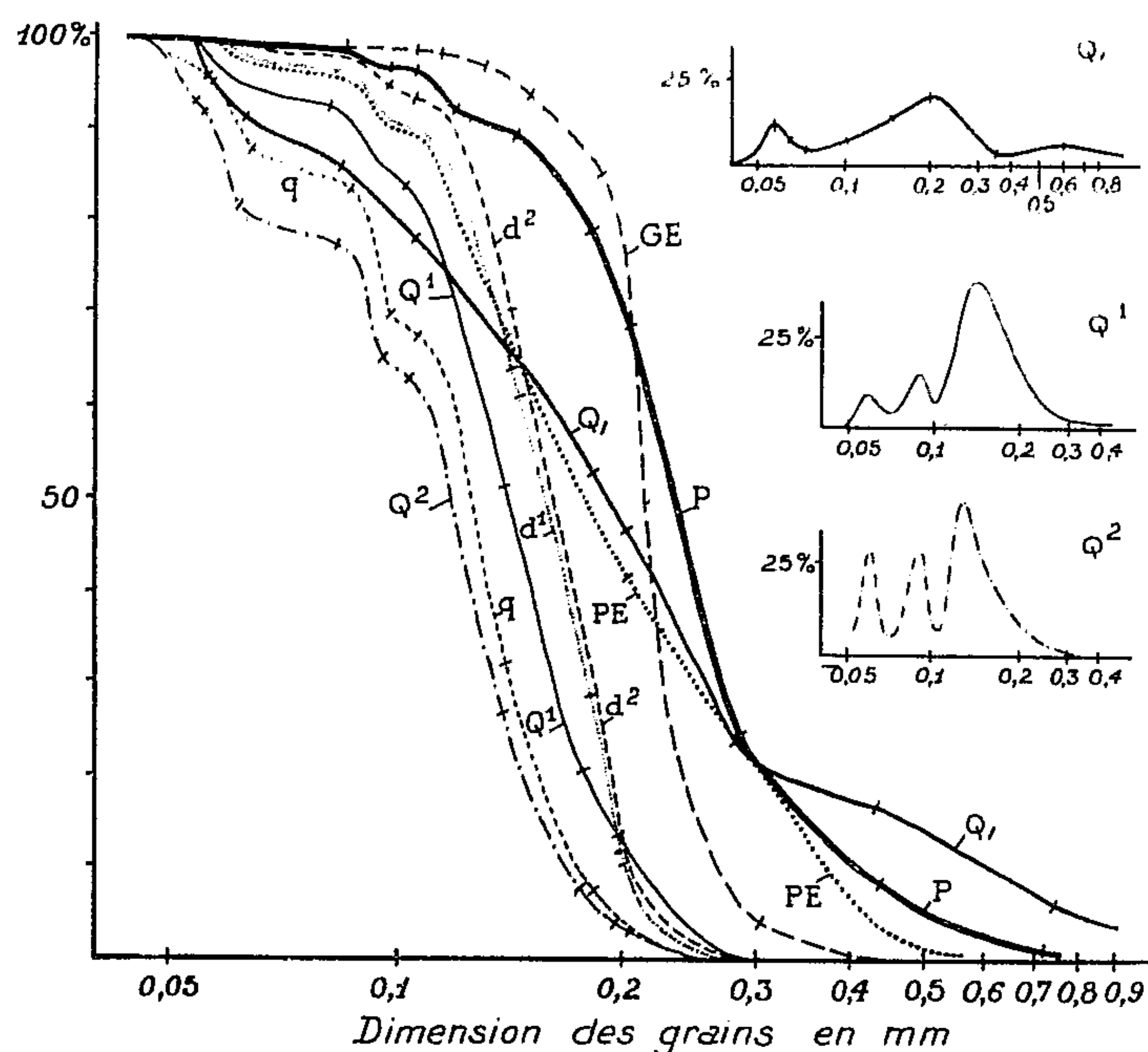
2° *Sables de la terrasse* Q^1 *du Quaternaire moyen de la Saoura* (*limite* 2[e] *Pluvial*-2[e] *Aride*). — Après l'érosion de type fluviatile du 2[e] Pluvial, les dépôts, principalement sableux, sont localisés dans la vallée de la Saoura (terrasse Q^{1a}). Les courbes, formant une famille très homogène, du type Q^1, sont très redressées (hétérométrie faible, 0,05 à 0,08, et maximum principal très accentué). La grossièreté est nettement moindre que dans le Quaternaire ancien (0,13 à 0,17). La faible hétérométrie postule un remaniement éolien, que confirme l'examen morphoscopique des grains (84 à 93 % de grains mats). L'existence de maxima secondaires semble liée aux conditions originelles du dépôt (écoulement d'oued), car ces maxima s'atténuent beaucoup pour le

(¹) *C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, 1954, p. 183-185.

(²) H. Alimen, *XIX*[e] *Congrès géol. intern. Alger*, *Monographies régionales*, 1952, p. 83-114.

sommet de la terrasse, là où le remaniement éolien, contemporain du dépôt, a été le plus accusé.

3° *Sables du remblaiement récent* Q^2 *de la Saoura (dernière phase humide).* — Après une première période d'humidité mineure qui a provoqué, dans le remblaiement Q^1, des terrasses d'érosion Q^{1b} et Q^{1c}, une deuxième phase humide a creusé la vallée plus profondément et s'est achevée avec le dernier



remblaiement Q^2 de la Saoura, dont les sables donnent une troisième famille de courbes (type Q^2), distinctes des précédentes par une grossièreté plus faible (0,11 à 0,13), tandis que l'hétérométrie est du même ordre que pour les sables de Q^1 (0,06 à 0,07). Les maxima secondaires sont fortement marqués, au point de masquer parfois le maximum principal. Quand le gypse ne corrode pas les quartz, l'examen morphoscopique montre une éolisation nette (60 à 80 % de grains mats).

4° *Sables des petites dunes reposant sur les terrasses de la Saoura (périodes arides).* — Des dunes de quelques mètres de hauteur reposent sur les paliers d'érosion Q^{1b-c} et sur la terrasse Q^2. Leur matériel donne des courbes remarquablement apparentées à celles des sables de Q^1 (grossièreté 0,15 à 0,17, hétérométrie 0,04 à 0,08, maxima identiquement placés). Il ne fait aucun doute que leur matériel est emprunté à la terrasse Q^1. Il n'a rien de commun avec le sable du grand Erg (courbe GE), cependant très proche topographiquement, ni avec celui de la terrasse Q^2, même pour les dunes que porte cette basse terrasse. Remarquons en outre que les maxima secondaires caractéris-

tiques de Q^1, encore présents dans les dunes de $Q^{1\,b-c}$ (courbe d^1) s'atténuent beaucoup dans les dunes superposées à Q^2 (courbe d^2), qui ont subi un épisode aride supplémentaire. On assiste actuellement à un léger remaniement en dunes embryonnaires du matériel de Q^2 (phase aride actuelle). Les courbes granulométriques correspondantes (q) sont immédiatement dérivées de celles de Q^2 par une atténuation des maxima secondaires.

Conclusions. — 1° La grossièreté des sables va sans cesse en décroissant depuis les sables pliocènes. C'est l'indice d'une atténuation progressive de la puissance des agents de transport.

2° Les différentes familles de courbes présentent une parenté manifeste, qui réside dans la position presque identique des maxima : les conditions d'accumulation des sédiments des terrasses, à l'intensité près, ont donc peu varié au cours du Quaternaire. Ces conditions sont chaque fois celles du passage d'un Pluvial à un Aride (sables gypseux ou sables éolisés).

3° Les grandes phases d'éolisation qui ont architecturé des dunes (phases arides) ont successivement remis en mouvement :

a. un matériel dérivé plus ou moins directement du Pliocène : Grand Erg, phases arides du Quaternaire ancien (courbes P et GE) ;

b. un matériel en grande partie emprunté au Quaternaire ancien : Petits Ergs, Aride du Quaternaire moyen (courbes Q, et PE) ;

c. le matériel de la terrasse Q^1 redéposé sur les terrasses d'érosion $Q^{1\,b-c}$, Aride postérieur à la première phase humide (courbes Q^1 et d^1) ;

d. Le matériel des petites dunes précédentes et celui du Q^2, phase aride actuelle (courbes d^1 et d^2, Q^2 et q).

Le façonnement éolien des sables au cours de l'Aride actuel (postérieurement au Néolithique saharien, contemporain de la terrasse Q^2) est démontré par la diminution de l'indice d'hétérométrie et l'atténuation des maxima au cours de cet Aride.

LIMNOLOGIE. — *Sur l'écologie de quelques organismes limicoles du lac d'Annecy.* Note de MM. **Bernard Dussart** et **Jacques Juget**, présentée par M. Louis Fage.

Le lac d'Annecy présente la particularité d'être alimenté en partie par une source sous-lacustre, le Boubioz. Les griffons de cette source occupent le fond d'un vaste entonnoir de plus de 50 m de profondeur, creusé dans le talus du lac (ce qui situe la source à 82 m environ au-dessous du niveau moyen des eaux). Par ses conditions propres de température (12° en moyenne) [1], d'oxygénation et de turbulence (entraînant un brassage

---

[1] A. Delebecque, *Les lacs français*, 436 pages, 1898.

continuel des sédiments), l'eau du Boubioz crée, au sein de la masse d'eau lacustre, un milieu biologique spécial qu'influencent plus ou moins sa conformation géographique et la granulométrie apparemment hétérogène des sédiments le long des pentes de l'entonnoir. Sur le plan écologique, l'intérêt du Boubioz est double : par ses conditions de milieu remarquablement *stables* au sein d'un lac en voie de lente évolution; par son *indépendance* vis-à-vis des conditions qui régissent l'ensemble du lac.

Une étude entreprise depuis quelques mois et destinée à comparer la faune benthique du Boubioz et celle d'autres parties du lac, apporte déjà quelques conclusions intéressantes, bien que les facteurs chimiques du milieu soient provisoirement négligés ici.

Nous avons utilisé pour nos prises la benne d'Ekman pourvue du dispositif de déclenchement automatique de Rawson. Chaque prélèvement était filtré aux fins de triage et de concentration des organismes sur un tamis à triple réseau de mailles métalliques superposées (mesurant respectivement 2, 1 et 0,5 mm). L'ensemble des prises datant du 15 octobre 1954 ont montré la présence des organismes suivants (²) :

1. *Prise dans le Boubioz par* 75 m *de fond* (³) : Sédiments polyphasés : vase sableuse et gravillons interposés.

— *Tubifex tubifex* (12), *T. barbatus* (21), *T. sp.* jeunes (23), *Ilyodrilus hammoniensis* (3), *Bythonomus lemani* (37);

— *Tanytarsus* gr. *inermipes* (3), *Tendipes anthracinus* (1), *Trichotanypus* (6), *Macropelopia* (1), *Chaoborus plumicornis* (2);

— *Ancylus fluviatilis* (36), *Pisidium milium* et *P. conventus* abondants, *Planorbis sp.* (2), *Limnea ovata* (1);

— Nematodes (19); Ostracodes abondants.

2. *Prise au large du Boubioz, par* 45 m *de fond :* couche de limon variée (alternance de lits plus clairs et de lits plus sombres, dus principalement à l'abondance relative de sulfure de fer).

— *Tubifex tubifex* (21), *Ilyodrilus hammoniensis* (4), *Bythonomus lemani* (8), *Peloscolex ferox* (9), *Macrochœtina intermedia* (1);

— *Tanytarsus* gr. *inermipes* (8), *Trichotanypus* (7), *Chaoborus plumicornis* (3), *Sergentia* (2);

— *Pisidium milium* et *P. conventus* abondants;

— Ostracodes abondants (dominants).

Toutes réserves faites sur la valeur des chiffres entre parenthèses, leur portée relative se trouvant encore insuffisamment étayée par l'absence de preuves statistiques, les faits suivants semblent se dégager :

1° En ce qui concerne les oligochètes, on notera la présence de *Tubifex barbatus* et de *Bythonomus lemani* en nombre nettement plus élevé dans

(²) Entre parenthèses figurent le nombre d'individus récoltés en moyenne.

(³) Les difficultés de draguage au fond de l'entonnoir du Boubioz, du fait des aspérités du sol, ne nous ont pas permis d'effectuer, jusqu'ici, à 80 m des prises quantitatives correctes.

la prise 1 que dans la prise 2. L'espèce *Tubifex barbatus* ne nous est guère apparue, jusque-là, que dans le Boubioz; son absence apparente en dehors de ce biotope restreint est due sans doute à sa rareté dans l'ensemble des sédiments lacustres et au nombre encore limité des prises effectuées. *Bythonomus lemani*, comme *Tubifex velutinus* d'ailleurs, montre une préférence marquée pour la profondeur des grands lacs; cette préférence joue-t-elle ici ? et dans quelle mesure ?

Tubifex barbatus est donc lié à un biotope relativement oxygéné, chaud et turbulent; il en est de même, mais apparemment à un moindre degré pour *Bythonomus lemani*.

L'absence de *Peloscolex ferox* dans le Boubioz, malgré sa fréquence dans l'ensemble des sédiments du lac est un autre fait intéressant. Cette espèce rechercherait au contraire les milieux plus confinés, moins oxygénés (au moins l'été), stagnants et plus froids.

2° Un certain éclectisme se lit également dans la répartition des larves de chironomides : *Tendipes anthracinus* n'est apparu que dans le Boubioz. Le genre *Sergentia*, au contraire, en paraît absent.

3° *Ancylus fluviatilis* apparaît en abondance dans le Boubioz; ce fait traduit bien les liaisons intimes qui unissent cette espèce rhéophile et le type particulier du milieu où il vit.

Véritable *niche biologique* (le terme étant pris dans son sens spatial, tel que l'a défini Paulian, le Boubioz abrite à ce titre une population limicole qualitativement et quantitativement différente de celle des autres parties du lac. Il reste à définir, si possible par une étude physicochimique du milieu, le degré des affinités de chacun des organismes précités pour un type donné d'habitat.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Sur le microplancton fossile conservé dans diverses roches sédimentaires australiennes s'étageant du Crétacé inférieur au Miocène supérieur.* Note de M. **Georges Deflandre** et Mlle **Isabel C. Cookson**, présentée par M. Maurice Caullery.

Premières données sur le microplancton fossile de l'hémisphère austral. Recensement de 25 genres (dont quatre nouveaux : *Eisenackia*, *Schematophora*, *Nematosphæropsis*, *Cyclonephelium*) et de 78 espèces (dont 45 nouvelles.) Remarques sur la répartition géographique et la stratigraphie locale et générale.

Des recherches palynologiques portant sur des roches sédimentaires d'origine marine, entreprises à Melbourne par l'un de nous, l'ont conduit à découvrir des microorganismes planctoniques, mentionnés dans une note préliminaire ([1]). Étendues à une quarantaine d'échantillons allant

([1]) I. C. Cookson, *Records of the occurence of* Botryococcus braunii, Pediastrum *and*

du Crétacé inférieur au Miocène supérieur, *avec la même méthode* (traitement par l'acide fluorhydrique, acétolyse-chloration, coloration safranine), ces recherches [2] ont fourni un ensemble déjà important de microfossiles

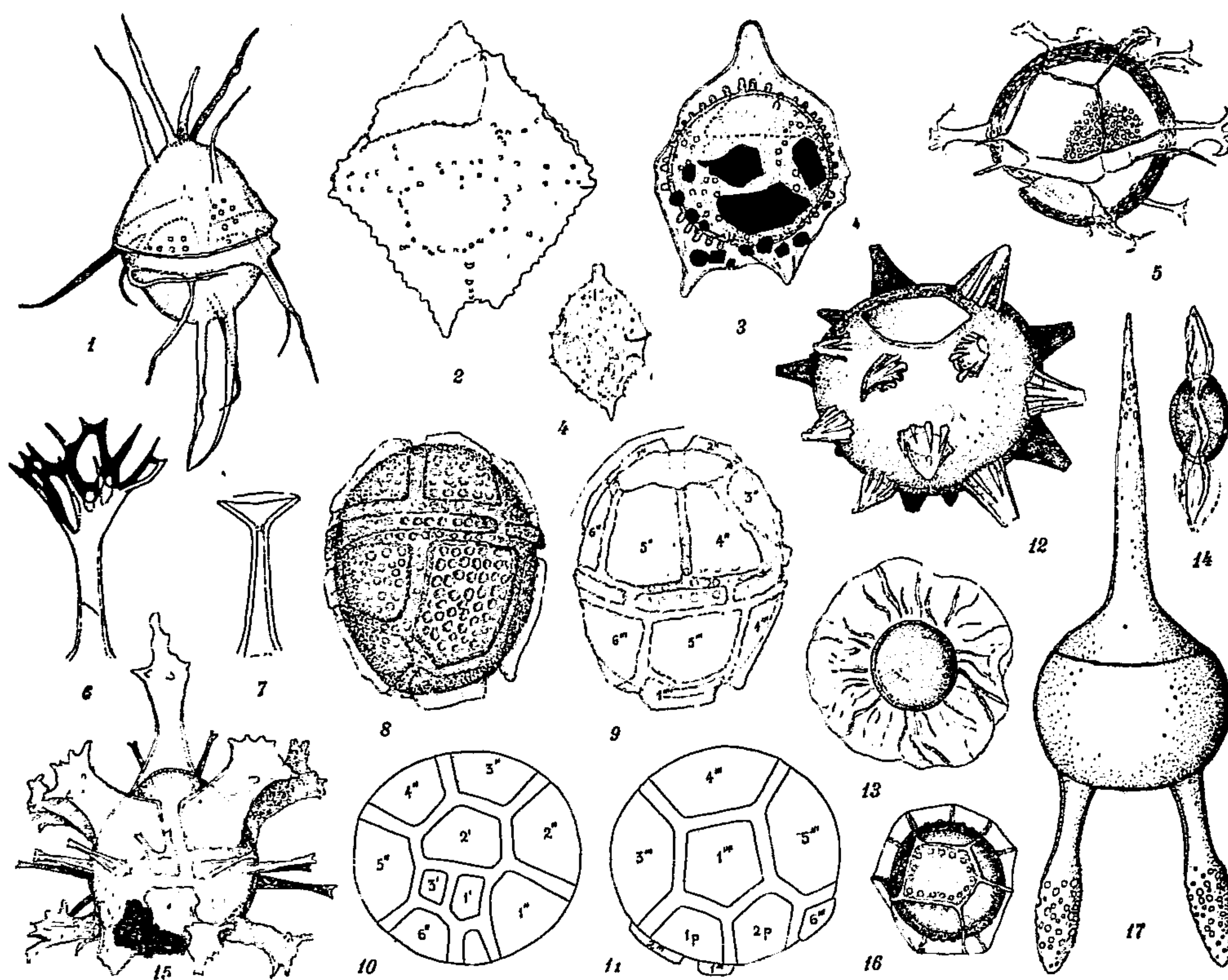


Fig. 1 à 17. — Dinoflagellés, Hystrichosphæridés et autres microorganismes planctoniques fossiles d'Australie. 1, *Hystrichodinium oligacanthum* n. sp.; Crét. inf., Onepah, N. S. W.; 2, *Wetzeliella lineidentata* n. sp. (paroi du kyste non figurée), (?) Eocène inf. près Denmark, W. A.; 3. *Deflandrea heterophlycta* n. sp., Eocène, Castle Cove, Vict.; 4, *Palæohystrichophora minuta* n. sp., Crét. sup., Gingin, W. A.; 5, *Hystrichosphaera crassipellis* n. sp. (ornementation superficielle partiellement figurée), Eocène, près Point Ronald, Vict.; 6, processus typique d'*Hystrichosphæridium pulcherrimum* n. sp., Crét. inf., Onepah, N. S. W.; 7, processus typique d'*H. choanophorum* n. sp., Mioc. sup., Hampton, Vict.; 8 à 11, *Eisenackia* n. g. *crassitabulata* n. sp., Eocène inf., Pebble Point, Vict., 8 et 9, holotype, vue latérale (9, face inférieure par transparence), 10, vue apicale, 11, vue antapicale (schématique); 12, *Hystrichosphæridium striatoconus* n. sp. Crét. sup., Gingin, W. A.; 13, 14, *Pterospermopsis australiensis* n. sp. (14, vue latérale), Crét. inf. Onepah, N. S. W. 15, *Hystrichokolpoma rigaudæ* n. sp., Eocène, Birregura, Vict.; 16, *Cymatiosphaera imitata* n. sp. Crét. sup., Gingin, W. A.; 17, *Odontochitina cribropoda* n. sp. (reconstitution), Crét. sup., Gingin, W. A. Grossissements, fig. 2, 3, 5 : × 260; 17 : × 300; 1, 4, 8 à 12, 15, 16 : × 415; 6, 13, 14 : × 655; 7 : × 1030.

---

the Hystrichosphærideæ *in Cainozoic deposits of Australia*, (*Mem. Mus. Melbourne*, n° 18, 1953, p. 107-123, 2 pl.)

[2] Un Mémoire : G. Deflandre and I. C. Cookson, *Fossil microplankton from Australian sediments ranging from lower Cretaceous to upper Miocene*, paraîtra en principe dans : *Australian Journal of Botany*, 1955.

uniquement constitués de matière organique, dont l'étude systématique a été faite à Paris.

Dans ce domaine du microplancton fossile, rien n'était connu jusqu'ici en ce qui concerne le continent australien, *non plus d'ailleurs que pour ce qui regarde l'hémisphère austral.*

Les microorganismes ne paraissent pas avoir souffert de la relative brutalité du traitement subi : beaucoup ont une très belle apparence. Il a été recensé, jusqu'à présent, 25 genres dont 4 nouveaux et 78 espèces dont 45 nouvelles, qui se répartissent ainsi :

Dinoflagellés. — *Gymnodinium* : 2 sp. (1 n. sp.); *Deflandrea* : 7 sp. (5 n. sp.); *Wetzeliella* : 2 sp. (1 n. sp.); *Palæoglenodinium* : 1 sp.; *Gonyaulax* : 2 sp.; *Hystrichodinium* : 1 n. sp. (*fig.* 1); *Palæohystrichophora* : 3 sp. (2 n. sp.) (*fig.* 4); *Eisenackia* nov. gen. : 1 n. sp. (*fig.* 8 à 11); *Dinopterygium* : 1 sp.; (?) *Ceratium* : 1 sp.; *Schematophora* nov. gen. : 1 n. sp.

Hystrichosphæridés. — *Hystrichosphæra* : 9 sp. (3 n. sp.) (*fig.* 5); *Nematosphæropsis* nov. gen. : 1 n. sp.; *Hystrichokibotium* : 1 n. sp.; *Hystrichosphæridium* : 18 sp. (10 n. sp.) (*fig.* 6, 7, 12); *Hystrichokolpoma* : 1 n. sp. (*fig.* 15); *Cannosphæropsis* : 4 sp. (2 n. sp.); *Cyclonephelium* nov. gen. : 4 sp. (2 n. sp. et 2 nom. nov.); *Pterospermopsis* : 3 n. sp. (*fig.* 13, 14); *Cymatiosphæra* : 4 sp. (2 n. sp.) (*fig.* 16); *Membranilarnax* : 2 n. sp.; *Pterocystidiopsis* : 1 n. sp.

Incertæ sedis. — *Epicephalopyxis* : 2 n. sp.; *Odontochitina* : 2 sp. (1 n. sp.) (*fig.* 17).

Malgré l'importance de cette première liste, on n'en saurait tirer déjà des conclusions exaustives. Toutefois, quelques remarques découlant de faits précis méritent d'être résumées :

I. *Paléontologie.* — Nombre élevé d'espèces nouvelles (58 %), faible nombre de genres nouveaux (16 %) paraissent significatifs de l'état de nos connaissances sur le microplancton fossile. De nombreuses espèces nouvelles dans le Tertiaire (78 % des sp. n.) marquent notre retard pour cette époque.

II. *Répartition géographique.* — Extension à l'hémisphère austral de la répartition de plusieurs genres de Dinoflagellés uniquement fossiles (*Hystrichodinium* Defl., *Dinopterygium* Defl. du Crétacé; *Deflandrea* Eis., *Wetzeliella* Eis. du Tertiaire), ainsi que de la plupart des genres d'Hystrichosphæridés.

III. *Stratigraphie locale.* — Corrélations établies ou suggérées entre affleurements et sondages : pour le Crétacé, grâce à *Hystrichosphæridium complex*, *H. heteracanthum*, *Odontochitina*; pour l'Éocène et le Miocène, grâce à *Deflandrea bakeri*, *Schematophora*, *Hystrichokolpoma rigaudæ*.

IV. *Stratigraphie générale.* — Éventuelle précocité, en Australie, de plusieurs genres (*Hystrichodinium*, *Deflandrea*, *Cyclonephelium*); absence

du type *Hystr. tubiferum* au Tertiaire; persistance de formes jurassiques jusqu'au Crétacé inf. (*Cannosphæropsis æmula*), jusqu'à l'Éocène (*C. caulleryi*); présence d'espèces européennes dans des couches crétacées contemporaines (*Dinopterygium*, *Hystrichosphæra* sp. pl., *Hystrichosphæridium complex*, *recurvatum*, *pulcherrimum*, *flosculus*, *Odontochitina operculata*, etc.).

HISTOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Répartition de l'acide ribonucléique dans les méristèmes apicaux de deux composées.* Note de Mme **Arlette Lance**, présentée par M. Roger Heim.

Dans les apex d'*Aster sinensis* L. et *Chrysanthemum indicum* L. l'acide ribonucléique se localise dans les zones d'intense activité méristématique. L'étude de sa répartition permet de caractériser l'anneau initial et de suivre facilement la transformation du point végétatif en méristème d'inflorescence.

Nous avons antérieurement [1] précisé le rôle organogène joué par l'anneau initial. Dans cette région du méristème, latérale et subterminale, les noyaux sont pourvus d'un nucléole particulièrement volumineux (2,20 μ chez *Aster sinensis* et 1,70 μ chez *Chrysanthemum indicum*) au contraire, dans la région apicale axiale inactive, cette même substance, bien que formant parfois 2 ou 3 nucléoles par cellule, est moitié moins abondante. Les jeunes ébauches foliaires, en voie d'intense prolifération, sont également pourvues d'un gros nucléole, souvent plus important même que dans les cellules de l'anneau initial.

Depuis plusieurs années, on admet que le nucléole apporte au noyau des substances nécessaires à l'accroissement de la chromatine au cours de la mitose et, de plus, que le noyau intervient dans la synthèse des protéines cytoplasmiques. Nos observations montrant l'augmentation de taille du nucléole dans les territoires en voie de divisions actives, apportent des faits suggestifs en faveur de ces conceptions récentes. Chez les Gymnospermes, H. Camefort [2] a décelé la présence d'acide ribonucléique en quantité importante dans l'anneau initial. Il était intéressant de généraliser ces résultats à des Dicotylédones.

Nous avons utilisé le fixateur alcool-formol acétique qui conserve bien les acides ribonucléiques. Ces derniers furent ensuite mis en évidence par la technique de Brachet, comportant une coloration au vert de méthyle-pyronine et un test à la ribonucléase.

Dans le méristème végétatif, la pyronine colore intensément, chez les

---

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1442.
(2) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 922.

deux espèces, le cytoplasme et le nucléole de l'anneau initial. Cette coloration établit une limite très franche entre la région vraiment organogène du point végétatif, et le méristème d'attente, apical axial, à l'état de repos. Dans ce dernier, les nucléoles seuls fixent la pyronine, mais plus modestement, comme dans le méristème médullaire. Le cytoplasme ne présente pas de coloration. Après action de la ribonucléase, la pyronine ne colore plus le cytoplasme d'aucune cellule ni les plus petits des nucléoles. La coloration précédente était donc bien spécifique de l'acide ribonucléique. Brachet a montré que la teneur des tissus en ribonucléines est d'autant plus forte que la coloration est plus intense. Nous pensons pouvoir affirmer que les jeunes ébauches et primordiums foliaires sont plus riches en acide ribonucléique que l'anneau initial lui-même. Ce fait confirme l'étude cytologique qui leur attribue des caractères méristématiques plus accusés. Dans ces régions, et même parfois dans l'anneau initial, après digestion par la ribonucléase, une légère affinité pour la pyronine subsiste encore dans les nucléoles les plus volumineux. On peut penser que l'acide ribonucléique, très fortement concentré, n'y a été qu'incomplètement dégradé.

Chez l'*Aster sinensis*, des échantillons ont été fixés et colorés suivant la même technique, lors du passage au stade reproducteur. Cytologiquement, ce passage se reconnaît à ce que les mitoses gagnent le sommet de l'apex, il se traduit ici de façon frappante : la zone colorable à la pyronine envahit progressivement la région axiale c'est-à-dire le « méristème d'attente ». Bientôt, la *tunica* tout entière et le *corpus* sous-jacent se colorent uniformément, tandis que les bractées fixent plus fortement la pyronine. Cette uniformité de coloration du méristème traduit à la fois l'épuisement de l'anneau initial, et l'activation du méristème d'attente. Ces faits confirment encore le parallélisme entre l'activité prolifératrice, organogène, et la teneur des cellules en acide ribonucléique. Le traitement à la ribonucléase abolit à nouveau toute coloration du cytoplasme et des nucléoles.

Lorsque la vacuolisation s'amorce dans les cellules d'aspect cambial issues de l'activité péricline du *corpus* d'inflorescence, on note parallèlement une régression des ribonucléines dans cette région. Celles-ci deviennent très abondantes dans la *tunica* superficielle et les quelques assises de *corpus* restées méristématiques au-dessous. L'intense coloration rouge souligne nettement le manchon méristématique du méristème inflorescentiel.

La répartition des ribonucléoprotéines dans le méristème apical au cours de la vie de la plante, se superpose donc avec précision à la répartition des territoires fonctionnels que l'étude histologique et cytologique avaient fait reconnaître. Cette nouvelle technique apporte donc une confirmation biochimique des résultats précédemment acquis.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude des substances insaponifiables des huiles de graines de Crucifères* (IV). Note de M. **Émile André** et M[lle] **Monique Maille**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons précédemment signalé (¹) que le dosage des substances insaponifiables, pratiqué d'après le procédé prescrit par l'Union internationale de Chimie (méthode à l'éther), fournit des résultats qui concordent d'une opération à une autre. Toutefois nous avons constaté qu'une portion de ces substances, plus ou moins importante suivant les cas, est retenue par les solutions savonneuses qui ne sont pas, comme on le croyait, épuisées par les traitements successifs à l'éther. Nous avons appelé « insaponifiables résistants » ces substances récalcitrantes et nous avons montré qu'on peut les récupérer en traitant par l'acétone les savons de baryum précipités (après l'épuisement) par addition d'acétate de baryum.

Nous avons constaté que toutes les huiles de graines de crucifères que nous avons examinées contiennent une quantité plus élevée d'insaponifiables résistants que les autres huiles végétales étudiées comparativement. Poursuivant nos recherches, nous avons voulu vérifier et compléter ces premières observations. Nous avons d'abord examiné les huiles extraites par pression de quatre variétés différentes de graines de colza. Deux d'entre elles étaient des colzas d'hiver, les deux autres des colzas de printemps. Les résultats obtenus figurent dans le tableau suivant :

Huile de	Huiles de pression. Substances insaponifiables (%). Extraites à l'éther.	Résistantes.	Totales.
Colzas d'hiver.			
Nain de Hambourg (Vilmorin)	1,17	0,79	1,96
	1,12	0,90	2,0
Parapluie (Seine-inférieure)	2,16	0,49	2,65
	2,10	0,47	2,67
Colzas de printemps.			
Régina Swalöf (Vilmorin)	1,1	0,74	1,84
	1,2	0,78	1,98
Liho (Eure-et-Loir)	2,0	0,70	2,70
	2,1	0,64	2,74

Par ailleurs, nous avons montré que si l'on extrait par épuisement à l'essence légère de pétrole les restes d'huile retenus par les tourteaux, les huiles résiduelles

(¹) *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 665; **236**, 1953, p. 1695; **237**, 1953, p. 1763.

ainsi récupérées, diffèrent beaucoup des premières. Elles sont de qualité inférieure. Leur couleur est brun foncé, leur odeur peu agréable, leur saveur amère. Leur densité, toujours plus élevée, est parfois tout à fait anormale. De même leur acidité est beaucoup plus grande. Mais nous voulons seulement indiquer ici les particularités observées quant à leur teneur en substances insaponifiables. Nous avons examiné à ce point de vue les huiles extraites par solvant des résidus de pression des graines de navette de printemps et des graines de trois variétés de moutarde noire (*Brassica nigra*, Koch). Nous avons réuni dans le tableau suivant les valeurs fournies par le dosage des substances insaponifiables contenues dans les huiles de pression et dans les huiles d'extraction.

Substances insaponifiables (%).

	Huiles de pression.			Huiles d'extraction.		
Nature et origine des huiles.	Extraites à l'éther.	Résistantes.	Totales.	Extraites à l'éther.	Résistantes.	Totales.
Navette de printemps (Bréhéville)	0,90	0,32	1,22	1,95	0,12	2,07
	0,95	0,30	1,25	2,0	0,06	2,06
Moutarde noire d'Alsace (Wintz)	1,29	0,22	1,51	3,38	0,39	3,77
	1,28	0,22	1,50	3,39	0,34	3,73
	1,22	0,30	1,52	3,40	0,34	3,74
Moutarde noire d'Alsace (Boquet)	1,16	0,10	1,26	2,38	0,22	2,60
	1,20	0,12	1,32	2,36	0,18	2,64
Moutarde noire d'Italie (Dagousset)	1,24	0,16	1,40	2,28	0,33	2,61
	1,14	0,24	1,38	2,23	0,37	2,60

Comme on peut en juger, la teneur en insaponifiables des huiles d'extraction est de 1,7 à 2,5 fois plus grande que celle des huiles de pression.

Il est d'usage, dans l'industrie de l'huilerie, de mélanger huiles de pression et huiles d'extraction : on soumet ensuite le tout aux opérations laborieuses et délicates du raffinage. Notre intention n'est pas de discuter ici des avantages et des inconvénients de cette pratique.

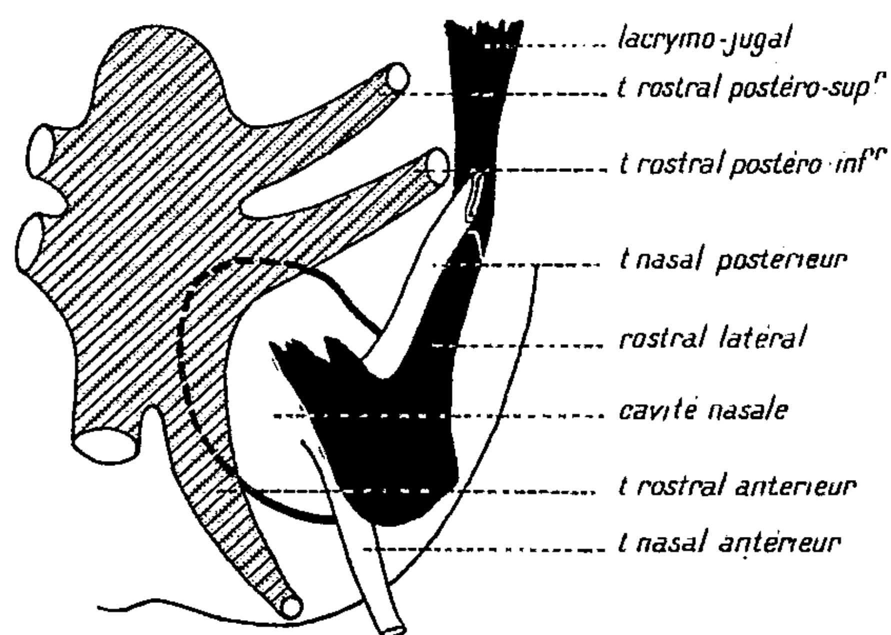
ANATOMIE. — *Tubes rostraux et tubes nasaux de* Latimeria (*Cœlacanthidæ*). Note (*) de MM. **Jacques Millot** et **Jean Anthony**, présentée par M. Louis Fage.

D'après J. L. B. Smith (1939) ([1]), à qui l'on en doit la première description, la région ethmoïdale de *Latimeria* comporterait deux vastes cavités. L'une, impaire, la cavité rostrale médiane, fermée vers le haut, vers l'arrière et aussi vers le bas, se prolongerait de chaque côté par trois conduits allant s'ouvrir à la peau, l'un à la pointe du museau, les

(*) Séance du 3 novembre 1954.

([1]) *Trans. Roy. Soc. South Africa*, n° **1**, 1939, p. 28.

deux autres au-devant de l'orbite. La seconde, paire, la cavité nasale, contenant la capsule nasale et, à son intérieur, la muqueuse olfactive, ne se relierait à l'extérieur ni par ces conduits, ni d'aucune autre façon. Ces indications avaient quelque peu surpris les paléontologistes (*cf.* notamment Jarvik, 1942) [2] : ceux-ci s'attendaient à ce que les conduits précités conduisent à la capsule nasale, leurs points d'ouverture à la surface du squelette étant, sur les Cœlacanthidés fossiles, regardés comme des fenêtres exonarinales. Abordant nous-mêmes l'étude de la région sur *Latimeria*, il nous importait d'éclaircir le problème et d'établir comment les formations sensibles de la cavité nasale pouvaient entrer en contact avec le milieu extérieur pour recueillir les impressions olfactives.



La cavité rostrale médiane, avec son triple système de conduits, que nous proposons d'appeler tubes rostraux antérieur, postéro-inférieur et postéro-supérieur, se montre dans l'ensemble conforme à la description de Smith. Cependant, fait essentiel, elle n'est nullement close vers le bas : deux pertuis, livrant passage à un paquet vasculo-nerveux, la relient à l'extrémité antérieure de la cavité crânienne, sous-jacente. De plus, elle loge un sac fibreux, ou sac rostral médian, rempli d'une substance gélatineuse et offrant en regard de chaque tube rostral une zone criblée de fins orifices sur le pourtour de laquelle s'appuie la muqueuse tapissant le tube. Contrairement à ce qu'avait supposé Smith, aucune circulation d'eau ne saurait s'établir dans cet appareil rostral dont le rôle reste énigmatique (thermo-sensible ?).

Quant à la cavité nasale, elle est isolée de l'appareil rostral, mais deux tubes nasaux typiques, l'un antérieur, l'autre postérieur, la font communiquer avec le dehors. Ils naissent au niveau d'une fenêtre endorinale commune, sous l'apophyse dorsale antérieure du rostral latéral. A partir

---

[2] *Zool. Bid. Fran. Uppsala*, 1942, p. 21.

de cette fenêtre, le tube nasal antérieur s'engage en avant, en bas et en dehors entre le rostral latéral et le bord externe du plancher nasal. Il atteint l'extrémité du museau dans une dépression séparant le rostral latéral des rostraux médians; ce point, sensiblement le même que sur les types disparus, correspond à la fenêtre exonarinale antérieure. Le tube se prolonge par une partie libre (papille rostrale de Smith) dont l'orifice distal représente la véritable narine antérieure. Le tube nasal postérieur se porte d'abord en dehors, croisant le bord postérieur de l'apophyse dorsale antérieure du rostral latéral et le bord postérieur du canal commissural transverse postérieur : là se situe la fenêtre exonarinale postérieure. Devenant alors sous-cutané, il surmonte le rostral latéral suivant un trajet parallèle au canal sensoriel infra-orbitaire, contenu dans l'épaisseur de l'os. Smith avait vu à cet endroit une formation tubulaire qu'il avait pensé pouvoir être une branche de la carotide; c'était, en fait, le tube nasal postérieur, ainsi que Jarvik (1942), l'avait pressenti. Puis le tube aborde la face externe du lacrymo-jugal, s'aplatit et s'ouvre à la joue entre le tube rostral postéro-inférieur et le pli pseudo-maxillaire, par une courte fente horizontale figurant la narine postérieure.

Par la disposition de ses tubes nasaux, *Latimeria* rappelle *Polypterus*. Il appartiendra aux paléontologistes, à la lumière de ces nouvelles données, de préciser si les Cœlacanthidés fossiles possédaient un appareil rostral semblable au sien, comme plusieurs indices semblent le dénoter sur les formes dévoniennes.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Du mécanisme de la formation des réflexes conditionnés basé sur la cyclochronie. Nouveau schéma du conditionnement.* Note (*) de M. † **Nicolas A. Popov** et Mme **Catherine Popov**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

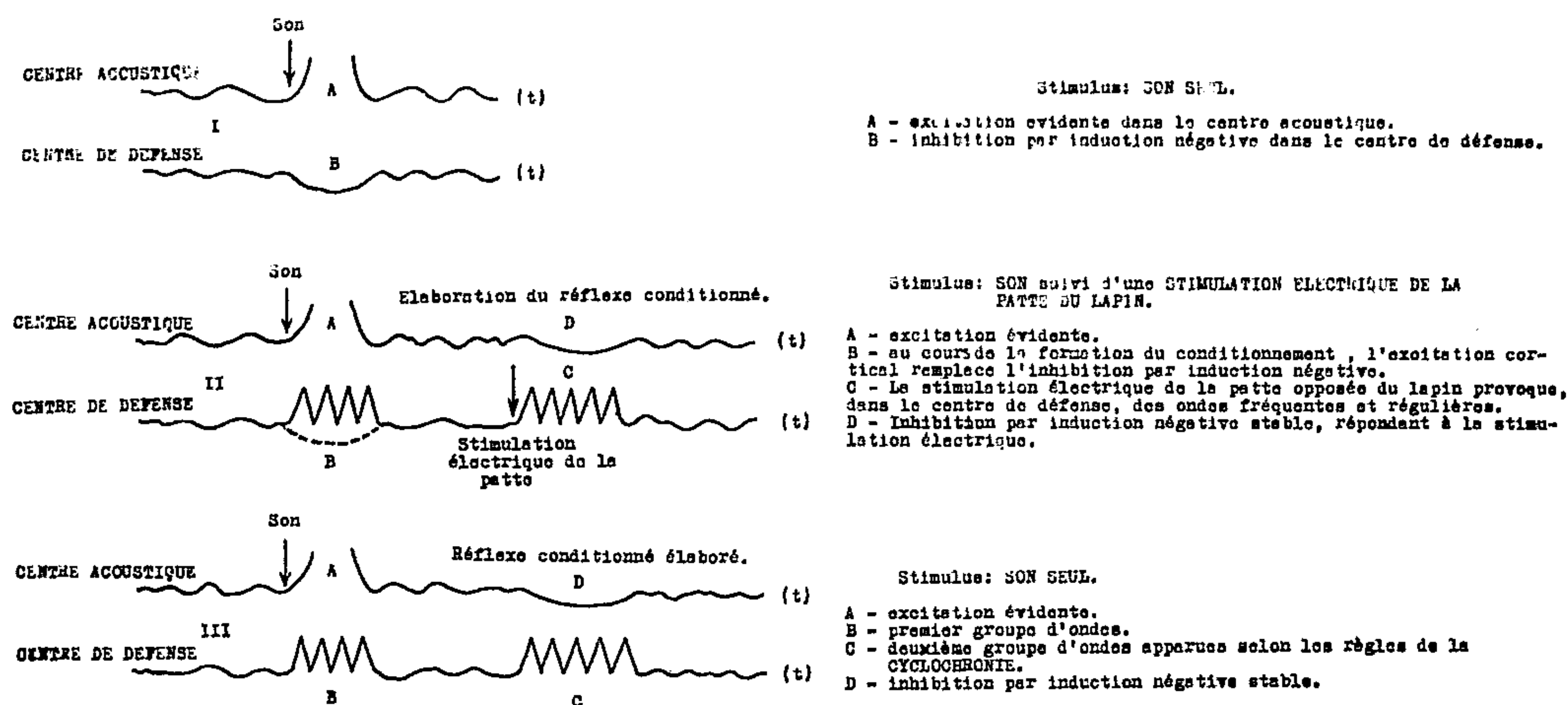
Le cas général du conditionnement est celui où participent deux centres et même davantage. Pour comprendre le processus qui entre en jeu, il faut se représenter ce qui se passe dans les centres, conditionné et absolu, au moment des combinaisons et de l'action isolée du stimulus conditionné. Examinons par exemple, le cas du réflexe conditionné défensif électrocortical au son chez le Lapin. On crée le réflexe conditionné en donnant un son, puis une seconde après le son, en appliquant une stimulation électrique à la patte du Lapin. On enregistre en même temps l'électrocorticogramme (ECG) de l'aire pariétale opposée.

Puisque la stimulation électrique de la patte opposée, provoque dans

(*) Séance du 3 novembre 1954.

l'aire pariétale l'apparition d'ondes caractéristiques, on peut considérer l'aire pariétale comme le centre absolu du réflexe de défense.

Au moment où le son est donné, on obtient sans aucun doute, une excitation du centre acoustique (*fig.* I A). Mais le centre acoustique ne répond pas seul à la stimulation sonore : on constate également, dans l'aire pariétale, l'abaissement des oscillations électriques spontanées sous l'influence de ce son (*fig.* I B).



Nous avons déjà vu cette inhibition par induction négative. Nous savons aussi que cette réaction s'éteint par répétition, du fait de la concentration de l'excitation dans le centre acoustique. Mais le tableau change si, une seconde après le début du son, suit la stimulation électrique de la patte du Lapin. Alors, à chaque combinaison (son-stimulation électrique) apparaît, au moment de la stimulation électrique, dans cette même zone de défense, une excitation qui s'exprime par l'apparition d'ondes fréquentes et régulières (*fig.* II C).

Ceci éclaire un phénomène très intéressant. En premier lieu si le son est toujours accompagné d'une stimulation électrique :

a. l'action du son ne s'éteint pas lors des répétitions. Ceci donne l'impression que le son accompagné de la stimulation électrique ne peut pas concentrer son action;

b. le son cesse de provoquer l'inhibition par induction négative dans l'aire pariétale et, au lieu de cela, commencent à apparaître les mêmes ondes fréquentes et régulières, que lors de la stimulation électrique de la patte (*fig.* II B).

Une des observations les plus importantes est celle de cette *transformation, dans le centre absolu, de l'inhibition par induction négative, en un processus d'excitation.* A la suite de cette transformation et une fois le conditionnement établi, bien que la stimulation électrique soit donnée une

seconde après le son, le son seul provoque immédiatement ou presque immédiatement les variations caractéristiques de l'E. C. G. dans l'aire pariétale.

Ainsi l'excitation paraît se transmettre immédiatement du centre acoustique au centre de défense (*fig.* III B). Cette coïncidence dans le temps des deux excitations représente le schéma classique. Mais en fait, une seconde après, au moment correspondant à la stimulation électrique de la patte, on voit apparaître un deuxième groupe d'ondes fréquentes et régulières dans l'aire pariétale (*fig.* III C).

Que représente l'apparition de ce second groupe d'ondes ?

Lors de chaque combinaison, deux phénomènes se produisent dans l'aire pariétale : 1° l'inhibition par induction négative produite par le son, transformée en un processus d'excitation (*fig.* II B); 2° l'excitation provoquée par la stimulation électrique de la patte (*fig.* II C). Tous deux sont séparés par un intervalle de temps, toujours le même. Cette constance des relations temporelles mène à la formation d'un cycle qui procède, dans ce cas, de deux groupes d'excitation : le premier produit par le son (*fig.* III B), le second produit par la stimulation électrique (*fig.* III C). L'ensemble du cycle reproduit une « histoire » c'est-à-dire le dessin temporel élaboré lors de chaque combinaison. Par conséquent, *l'élaboration du réflexe conditionné est fondée sur le processus de formation et reproduction des cycles*, que N. A. Popov a appelé *cyclochronie* (1).

Par conséquent, le conditionnement n'est plus, comme on le comprenait auparavant, un phénomène statique où tout se produit en un seul temps, mais devient un processus dynamique, où entre en jeu le facteur temps. Pour qu'un conditionnement ait lieu, le cerveau doit former un cycle et le reproduire. La cyclochronie devient ainsi le phénomène de base du fonctionnement cortical.

GÉNÉTIQUE. — *Sur les bases génétiques de la détermination des parentés entre espèces d'une même famille* (cas de quelques espèces de Gryllides syngamiques). Note de Mlle **Germaine Cousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

La génétique des croisements interspécifiques apporte des informations sur les rôles respectifs du noyau de fécondation et du cytoplasme ovulaire. Son étude systématique permet aussi d'évaluer le degré de parenté qui lie les espèces d'un même groupe et d'en déduire un schéma plausible de leur évolution.

Le tableau commenté des croisements entre diverses espèces de la famille des Gryllides témoigne en ce sens.

---

(1) N. A. Popov, *Über die Bedentunge des Zeitfactors fur die Auslegung des höchsten Nerventätigkeit. Prinzip der Ziklochronie.* Académie des Sciences, Bratislava, 1944.

HYBRIDATIONS INTERSPECIFIQUES chez quelques GRYLLIDES

ESPECES ♂ / ESPECES ♀

G. ARGENTINUS — G. ASSIMILIS Br — G. ASSIMILIS Jam — G. ASSIMILIS Ven — G. ASSIMILIS Pen — G. BERMUDENSIS — G. BIMACULATUS — G. CAMPESTRIS — G. CAPITATUS — G. MADAGASCARIENSIS — G. PERUVIENSIS — G. DESERTUS — G. DOMESTICUS — G. SERVILLEI — G. BURDIGALENSIS — G. FRONTALIS — HYBRIDES AR×B — HYBRIDES AR×C — HYBRIDES BR×C — HYBRIDES B×C — HYBRIDES C×B — HYBRIDES P×C

G. ARGENTINUS
G. ASSIMILIS Br
G. ASSIMILIS Jam.
G. ASSIMILIS Ven.
G. ASSIMILIS Pen.
G. BERMUDENSIS
G. BIMACULATUS
G. CAMPESTRIS
G. CAPITATUS
G. MADAGASCARIENSIS
G. PERUVIENSIS
G. DESERTUS
G. DOMESTICUS
G. SERVILLEI
G. BURDIGALENSIS
G. FRONTALIS
HYBRIDES AR×B
HYBRIDES AR×C
HYBRIDES BR×C
HYBRIDES B×C
HYBRIDES C×B
HYBRIDES P×C

CROISEMENTS HYBRIDES RECIPROQUES F_1

CROISEMENTS HYBRIDES RECIPROQUES F_1

RETRO - - CROISEMENTS

RETRO — — CROISEMENTS

HYBRIDES F_2

HYBRIDES F_2

gr^d carré ♀♂ donnant génération F_1 féconde
" " ♀♂ " " F_1 stérile
" " ♀♂ . " " F_1 peu fécond
♀♂ et ♀♂ femelle féc, mâle stér. et réciproq^nt

hybridation expérimentale à résultat nég^f
♀♂, féc. à déterminer. ● ●. hybridation + en cours
p^t carré, croisements réciproques entre hybrides F_1
zones marginales = rétrocroisements

Espèces det. L. CHOPARD	Origine	Type génitalia
G. ARGENTINUS Sauss	Argentine: Tandil	TYPE CAMPESTRIS
G. ASSIMILIS Fabr. Br	Brésil: Itatiaïa	" "
G. ASSIMILIS ' Jam.	Jamaïque: Kingston	" "
G. ASSIMILIS ' Ven.	Venezuela: Caracas	" "
G. ASSIMILIS ' Pen.	USA: Pennsylvanie	" "
G. BERMUDENSIS Caud	Bermudes: Hamilton	" "
G BIMACULATUS Geer	France Algerie Acores	" "
G CAMPESTRIS L.	France: Dep^t Var	" "
G. CAPITATUS Sauss	Pérou: Lima	" "
G. MADAGASCARIENSIS Walk	Mgr. Tsimbazaza	" "
G PERUVIENSIS Sauss	Pérou: Jauja	" "
G DESERTUS Pall.	France: Dep^t Var	TYPE DOMESTICUS

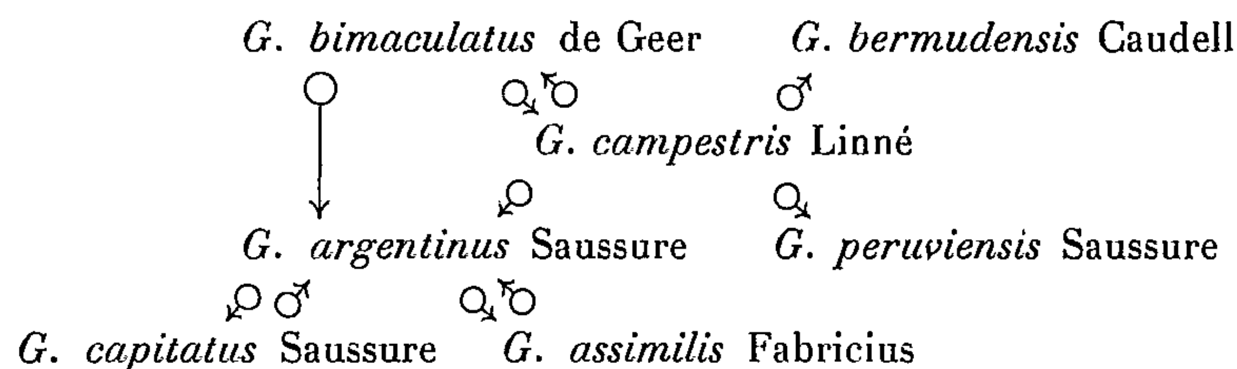
ESPECES EN ELEVAGE

Espèces det L. CHOPARD	Origine	Type génitalia
G. DOMESTICUS L.	France: Paris	TYPE DOMESTICUS
G. SERVILLEI Sauss.	Australie: Canberra	" SERVILLEI
G. BURDIGALENSIS Lat	France: Dep^t Var	" BURDIGALENSIS
G. FRONTALIS Scud.	Pologne: Cracovie	" "

	Fécondité F_1
Ar Cp = ♀ G. ARGENTINUS × ♂ G CAPITATUS	
Cp Ar = ♀ G. CAPITATUS × ♂ G. ARGENTINUS	
Ar B = ♀ G. ARGENTINUS × ♂ G. BIMACULATUS	♀♂
Ar C = ♀ G. ARGENTINUS × ♂ G. CAMPESTRIS	♀♂
Br C = ♀ G. BERMUDENSIS × ♂ G. CAMPESTRIS	♀♂
BC = ♀ G. BIMACULATUS × ♂ G. CAMPESTRIS	♀♂
CB = ♀ G. CAMPESTRIS × ♂ G. BIMACULATUS	♀♂
P = ♀ G. PERUVIENSIS × ♂ G. CAMPESTRIS	♀♂

ESPÈCES HYBRIDÉES FÉCONDITÉ F_1

Les résultats positifs de certaines hybridations permettent d'établir les affinités parentales suivantes :



Très proches sont les espèces *G. bimaculatus* et *G. campestris*, avec leurs hybrides réciproques F_1 féconds; et les espèces *G. argentinus* et *G. capitatus* dont les hybrides F_1 sont faciles à obtenir, quel que soit le sens du croisement, mais dont la fécondité reste encore à déterminer.

G. argentinus est apparenté à *G. campestris* et à *G. bimaculatus* car il s'hybride, par sa femelle seulement, avec les mâles de ces deux espèces. Évaluée d'après le nombre des hybrides F_1 obtenus et d'après la fécondité de ces derniers, la parenté de *G. argentinus* est plus forte du côté de *G. campestris* que de celui de *G. bimaculatus*. La fécondité des hybrides obtenus par croisements entre ces espèces est nulle chez les femelles, faible chez les mâles [1]. *G. bermudensis* et *G. peruviensis* sont aussi deux espèces apparentées à *G. campestris*. Par leurs femelles, elles donnent des hybrides F_1 peu nombreux, mais parfois féconds : chez les deux sexes pour l'hybride *G. bermudensis* $\times$ *G. campestris*, chez les mâles seulement pour *G. peruviensis* $\times$ *G. campestris*.

L'état actuel de l'expérimentation montre que *G. campestris* se présente comme une espèce primitive, dont le spermatozoïde peut toujours organiser les œufs des quatre espèces citées plus haut.

Par ailleurs, l'espèce *G. argentinus*, dont l'œuf peut être organisé par les spermatozoïdes de *G. campestris* et de *G. bimaculatus*, donne des hybrides réciproques avec *G. capitatus* et même, quoique moins facilement, avec *G. assimilis* (souche Itatiaïa, serra Mantiqueira, Brésil).

Tous ces Grillons de la faune eurasienne et américaine sont généralement classés, bien à tort par les systématiciens, dans des genres différents. On a ici un cercle d'espèces caractérisé, entre autres, par un même type de génitalia. Malgré le recul de leur isolement dans le temps et leur adaptation à des biotopes à maints égards différents, ces espèces manifestent, à divers degrés, des liens de parenté cytologique et génétique, confirmés par le résultat positif de leurs fécondations respectives et par l'équilibre morphogénétique de leurs hybrides.

---

(1) La spermatogénèse de ces hybrides marque une exception à la loi de Haldane, les mâles étant le sexe hétérogamétique chez les Gryllides.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude polarographique des réactions catalasique et peroxydasique de l'eau oxygénée et des peroxydes organiques.* Note (*) de M. **Michel L. J. Bernard**, présentée par M. Eugène Darmois.

Alors que la catalase n'a d'action que sur l'eau oxygénée, le fer^{++} décompose tous les peroxydes organiques : hydroperoxydes et peroxydes vrais. La nature de l'action de ces enzymes est la même, à savoir : catalasique ou peroxydasique selon l'absence ou la présence de substrat oxydable.

Les réactions enzymatiques des peroxydases ou catalases ont été étudiées et mesurées jusqu'ici principalement sur l'eau oxygénée ([1]) à l'aide de nombreuses méthodes expérimentales [méthodes de l'uromètre ([2]), manganimétrique ([3]), spectrophotométrique ([4]), polarographique ([5]) ...]. Le but de ce travail était de déterminer de façon systématique l'activité enzymatique de différents peroxydes organiques, dont la structure a pu être mise en lumière récemment par polarographie ([6]).

A cet effet, dix peroxydes organiques ont été étudiés. La catalase utilisée était extraite du foie de cheval. Le comportement du fer ferreux dont on connaît l'activité catalasique a été étudié à titre de comparaison. La méthode polarographique a été adoptée comme méthode d'étude, le milieu polarographique se prêtant particulièrement bien à l'étude des solutions aqueuses très diluées de peroxydes. Le fer était utilisé sous forme de solution SO_4Fe à 7.10^{-2} équiv Fe^{++} par litre. La catalase a été dosée ampérométriquement par l'eau oxygénée et se présentait sous forme d'une liqueur titrant $14,8.10^{-2}$ équiv/l en eau oxygénée. Le milieu polarographique de réaction était constitué par une solution de K_2SO_4 $n/10$ tamponnée à pH 7. Des quantités de peroxydes de l'ordre de $0,6.10^{-5}$ équiv étaient introduites dans ce milieu, puis 1 cm³ de solution enzymatique définie plus haut, c'est-à-dire une quantité au moins 10 fois plus forte que celle requise par sa neutralisation. Le mélange était laissé

(*) Séance du 27 octobre 1954.

([1]) *Voir* en particulier les travaux de : Britton Chance, *Acta chim. Scand.*, **1**, 1947, p. 236-267; *Nature*, **161**, 1948, p. 914-917; *Arch. Biochem.*, **21**, 1949, p. 416-430 et **22**, 1949, p. 224-252; *J. Biol. Chem.*, **179**, 1949, p. 1311-1330; **179**, 1949, p. 1331-1339; **182**, 1950, p. 643-648; **182**, 1950, p. 649-658 et de P. George, *Nature*, **160**, 1947, p. 41-43; *Biochem. J.*, **44**, 1949, p. 197-205.

([2]) Roberto Paraje, *Rev. facultad Cienc. Med. univ. nacl. Córdoba*, **8**, 1950, p. 195-199.

([3]) Masaharu Shirakawa, *J. agr. Chem. soc. Japan*, **24**, 1951, p. 125-128.

([4]) Roland F. Beers et Irving W. Seizer, *J. biol. Chem.*, **195**, 1952, p. 133-140.

([5]) R. Brdicka, K. Wiesner et K. Schaferna, *Naturewissenschaften* **31**, 1943, p. 390-391 ; Bertil Swedin, *Acta Chem. Seand.*, **1**, 1947, p. 500-502; B. S. Aussen, T. Y. Kingma Boltjes et B. S. J. Wostmann, *J. Microbiol. Serol.*, **16**, 1950, p. 65-78.

([6]) M. Bernard, *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 2412.

en contact pendant 10 minutes. Un courant de N_2 pur était utilisé pour la désoxygénation du milieu polarographique.

L'action catalasique est figurée dans le tableau ci-après :

Peroxydes.	Catalase.	Fe^{++}.
P. de cyclohexanone	aucune action	se décompose
Perbenzoate de T. butyle	»	»
P. de pinène	»	»
Perester chaulmoogrique	»	»
P. d'éther	»	»
P. de cumène	»	»
P. de formaldéhyde	»	»
P. d'hydro T. butyle	»	»
P. d'acétone	décomposition partielle	»
Eau oxygénée	se décompose	»

Ces résultats confirment que l'action catalasique de la catalase ne se manifeste que sur l'eau oxygénée, alors que celle du fer se manifeste sur toutes les structures de peroxydes. La présence simultanée de plusieurs formes peroxydiques ne modifie d'ailleurs pas la sélectivité d'action de la catalase; en effet, sur des mélanges de H_2O_2 et d'autres peroxydes étudiés, celle-ci n'a décomposé que l'eau oxygénée (7) laissant intacts les autres peroxydes (*fig.* 1).

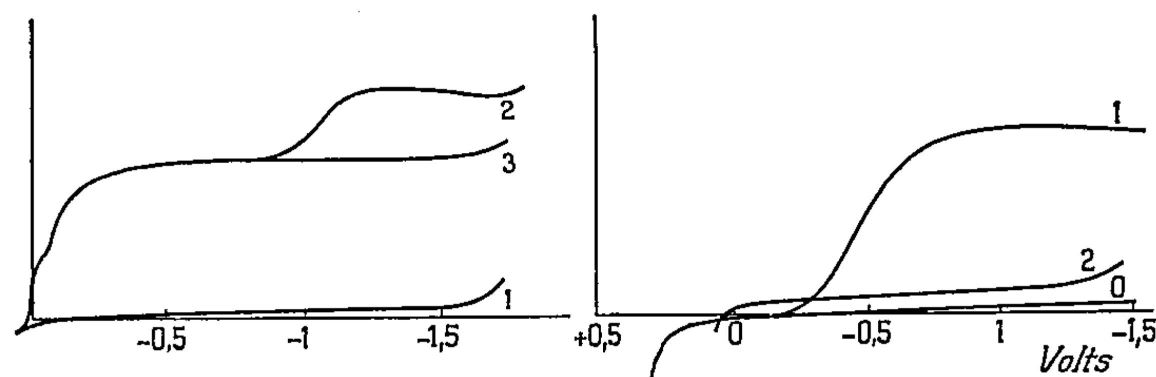


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — *Action catalasique de la catalase. Courbe* 1 : électrolyte support (K_2SO_4 n/10). *Courbe* 2 : peroxyde de pinène + eau oxygénée. *Courbe* 3 : *id.* courbe 2 + catalase.

Fig. 2. — *Action peroxydasique du fer. Courbe* 0 : électrolyte support (K_2SO_4 n/10). *Courbe* 1 : hydroperoxyde de t-butyle + hydroquinone. *Courbe* 2 : *id.* courbe 1 + Fe^{++}($FeSO_4$).

Nous avons alors étudié l'action peroxydasique éventuelle de ces corps en saturant le milieu polarographique d'hydroquinone envisagée comme substrat oxydable. La quinone formée par oxydation se réduit polarographiquement et réversiblement à l'électrode à goutte (8); la réaction peroxydasique était donc mise en évidence par l'apparition d'une telle vague pendant le mélange (*fig.* 2).

(7) Le peroxyde d'acétone (tableau I) s'hydrolyse rapidement en eau oxygénée, ce qui explique sa sensibilité apparente à l'enzyme. Un comportement analogue avait déjà été signalé pour le peroxyde d'urée (S. ARANOFF, *Plant. Physiol.*, 21, 1946, p. 393-409.

(8) MANCHOT et LHEMANN, *Anal. Chem.*, 480, 1927, p. 179.

Les résultats mentionnés dans le tableau restent inchangés. La sensibilité des peroxydes est donc la même envers les enzymes avec et sans substrat oxydable, le mécanisme de la réaction étant seul différent.

En résumé, la polarographie confirme les résultats suivants :

1° Contrairement à Fe^{++} qui décompose tous les peroxydes en milieu aqueux très dilué, la catalase n'a d'action que sur H_2O_2.

2° L'action de ces enzymes est peroxydasique ou catalasique selon qu'on est on non en présence de substrat oxydable.

3° La catalase n'a d'activité enzymatique ni sur les hydroperoxydes, ni sur les peroxydes vrais. Elle ne peut donc les détruire que dans la mesure où ceux-ci se dupliquent ou s'hydrolysent en eau oxygénée (9).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Purification de la substance antirachitique obtenue à partir du cholestérol sans irradiation.* Note de M. **Yves Raoul**, Mlle **Noëllie Le Boulch**, M. **Christian Baron** et Mme **Andrée Guérillot-Vinet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons décrit (1) une substance (appelée n° 8) F 136°, dont la forme obtenue en milieu calcique notamment, est active sur le rachitisme expérimental du Rat et du Poulet à des doses de deux à cinq fois plus fortes que la vitamine D_3. Cependant, nous avons constaté que certains échantillons perdaient leur activité après conservation. De même, la recristallisation du produit actif entraîne une élévation du point de fusion jusqu'à 143° avec perte de toute activité antirachitique. Nous appelons 8′ le corps stable et inactif obtenu dans ces circonstances et nous examinons ici si la substance antirachitique (dite n° 8) ne renferme pas dès sa préparation une certaine proportion du corps 8′.

Préparation de la substance antirachitique pure (n° 8_2) et de la substance inactive (n° 8′). — La préparation indiquée antérieurement (1) ne permet pas d'isoler convenablement le produit antirachitique pur à partir du n° 8, ni par cristallisation fractionnée, ni par chromatographie sur alumine. Il est donc nécessaire d'effectuer une purification à un stade antérieur de la préparation. L'on peut opérer de deux façons :

1° *A partir du cholestérol.* — La préparation comporte deux temps : action de la floridine sur le cholestérol, puis traitement alcalin énergique. C'est le précurseur isolé au cours du premier temps qui doit être soigneusement purifié. Celui-ci isolé, rappelons-le, par élution éthérée de la chromatographie du produit de la réaction du cholestérol sur la floridine (2) est chromatographié

(9) M. Bernard, *Thèse Doctorat ès sciences*, Paris, 1953.

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 846.

(2) *Comptes rendus*, 235, 1952, 1704 et 237, 1953, p. 439.

à nouveau. L'élution par le mélange éther de pétrole (9 p.) - éther (1 p.), élue 8′ et l'élution ultérieure par l'éther pur, sans insister, détache un anneau jaune que l'on conserve. Le lavage final de la colonne par l'éther entraîne un peu de cholestérol n'ayant pas réagi.

Le traitement de l'anneau jaune précédent par la potasse méthanolique à 5 % à chaud montre un rougissement net. On étend par 20 volumes d'eau distillée, acidifie au tournesol par l'acide sulfurique et extrait par l'éther. Le produit obtenu est chromatographié sur alumine et élué par le mélange éther de pétrole (9 p.) — éther (1 p.). Le produit, tout à fait exempt de 8′, est un corps huileux (désigné par 8_2); il présente une activité antirachitique sur le poulet supérieure au 1/10 de celle de la vitamine D_3.

2° *A partir de la Vitamine* D_3. — Nous avons décrit aussi [1] le passage de la vitamine D_3 à la substance n° 8, notamment par chauffage d'une solution de la vitamine dans l'éther de pétrole. On obtient d'une façon intermédiaire un corps ayant un maximum d'absorption très intense à 250 mμ. Dans la préparation antérieurement décrite, on parvenait à un mélange de 8_2 et 8′ par passages successifs en milieu acide et basique.

Si l'on traite le corps intermédiaire précédent, comme le précurseur obtenu à partir du cholestérol, par la potasse méthanolique à 5 % à chaud, en faisant suivre d'une extraction à l'éther après dilution et acidification, on obtient le corps actif 8_2 pur. Le spectre infrarouge et l'activité antirachitique sur le poulet sont identiques quelle que soit l'origine de 8_2.

Propriétés du corps 8_2. Autre forme plus active 8_3. — Le corps 8_2 obtenu dans les deux types de préparation précédents, est une huile présentant un spectre ultraviolet avec maximum d'absorption à 250 mμ ($E_{1\,cm}^{1\,\%}$ 620); $[\alpha]_D + 110°$ ($CHCl_3$). Cette huile passe à 70° dans la sublimation sous vide de 1/100e de millimètre de mercure environ, mais en perdant le spectre ultraviolet caractéristique.

Si au lieu d'acidifier le produit de l'attaque alcaline précédente, on dilue avec de l'eau du robinet (suffisamment calcique) et extrait après contact prolongé (12 à 16 h) avec de l'éther sans peroxyde, on obtient une huile (8_3) dont le spectre ultraviolet présente un maximum à 265 mμ ($E_{1\,cm}^{1\,\%}$ 1 000); $[\alpha]_D$ 20° ($CHCl_3$).

Cette huile retient une forte proportion d'eau (environ 30 %) et des éléments empruntés au milieu aqueux, avec une préférence marquée pour le calcium, cependant peu abondant dans le milieu par rapport au potassium notamment [3]. Elle perd ses propriétés par sublimation ou même dessiccation sous vide poussé.

---

(3) *Journal néerlandais de Nutrition*, *IIIe Congrès international de Nutrition*, Amsterdam, 1954.

Sur le rachitisme expérimental du poulet ([4]), 8_3 non desséché présente la même activité que la vitamine D_3. Il est indispensable dans cet essai, de dissoudre 8_3 et d'effectuer les dilutions dans l'huile d'arachide autoclavée récemment neutralisée. Ces propriétés de 8_2 et 8_3 avaient déjà été décrites ([1]), ([2]), à l'intensité près, à propos des corps « 8 » et « 8 calcique » anciens, mais ces derniers contenaient l'un et l'autre une proportion variable de 8'.

PROPRIÉTÉS DU CORPS 8'. — Ce corps se présente sous forme de cristaux incolores, F 143°, stables à l'air et à la lumière, contrairement aux corps 8_2 et 8_3. $[\alpha]_D - 39°$ ($CHCl_3$). Acétate : F 105°. Le spectre u.v. ne présente pas de maximum d'absorption marqué depuis 230 mμ. 8' est inactif sur le rachitisme expérimental du rat et du poulet.

En résumé, nous avons séparé la substance antirachitique obtenue à partir du cholestérol sans irradiation ou à partir de la vitamine D_3 en deux composés : l'un solide, stable, n'est pas antirachitique; l'autre, huileux, instable, de pouvoir antirachitique voisin de celui de la vitamine D_3 et existant lui-même sous deux formes selon qu'il a été obtenu en milieu calcique ou non.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude d'une lactico-déshydrogénase d'une souche de* Bacterium anitratum (*Neisseria Winogradskyi*). Note de Mlle **Yvonne Joyeux** et Mme **Madeleine Croson**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Les systèmes d'oxydoréduction des déshydrogénases lactiques (L. D. H.) apparaissent comme très divers. Les enzymes isolés des organes animaux : du cœur de bœuf ([1]), du foie ou du muscle de rat ([2]), ([3]), dépendent du diphosphopyridine-nucléotide (D. P. N.). Dans la levure, l'activité est liée au cytochrome b_2 ([4]). Le *Penicillium chrysogenum* possède un enzyme activé par la riboflavine ([5]). La L. D. H. de *Mycobacterium tuberculosis avium* ([6]) oxyde le lactate par deux voies différentes : l'une utilisant la flavine adénine dinucléotide, l'autre le D. P. N. Szulmajster et ses collaborateurs ([7]) différencient dans *E. Coli*, l'enzyme soluble dépendant du D. P. N., de la L. D. H. extraite des particules et indépendante du cytochrome, des flavines et du D. P. N.

([4]) *Régime de l'Association of official Agricultural chemists*, Henry A. Lepper, Washington, 6e éd., 1945.

([1]) F. B. Straub, *Z. physiol. Chem.*, 275, 1942, p. 63.
([2]) D. M. Gibson et Coll., *J. biol. Chem.*, 203, 1953, p. 397.
([3]) F. Kubovitz, *Bioch. Z.*, 314, 1943, p. 94.
([4]) S. J. Bach, M. Dixon et L. G. Zerfas, *Biochem. J.*, 40, 1946, p. 229.
([5]) L. E. Casida et S. G. Knight, *J. Bact*,, 67, 1954, p. 171.
([6]) Y. Yamamura, M. Kusunose et E. Kusunose, *Nature*, 170, 1952, p. 207.
([7]) *Bull. Soc. chim. biol.*, 35, 1953, p. 1381.

Ce travail considère l'enzyme soluble obtenu à partir de *B. anitratum* (N. W.), isolé et étudié au Service des Fermentations ([8]), ([9]), et soumis aux ultrasons.

L'activité enzymatique est mesurée par la technique classique de Thunberg et exprimée en Q^N_{BM} = quantité d'H_2 en microlitres transférée au bleu de méthylène, par heure et par milligramme d'azote ([4]).

Culture bactérienne. — La souche est cultivée sur milieu synthétique ([10]) agité, contenant 0,1 M d'acide lactique lévogyre (sous forme de sel de sodium). La récolte est faite après 24 h à 30°.

Préparation de l'extrait enzymatique brut. — Les microbes sont centrifugés à la centrifugeuse " Sharples ". Une suspension bactérienne faite en tampon phosphate M/15 à pH 7 ou en eau bidistillée, est traitée aux ultrasons pendant 1 h 30 sous 800 kc. La préparation est alors centrifugée 20 mn à 5 000 g, à 0°, puis le liquide est centrifugé à nouveau 1 h à 17 000 g. Le surnageant obtenu constitue l'extrait brut. Si la suspension bactérienne est préparée en tampon phosphate, l'extrait brut obtenu contient en outre une butanediol déshydrogénase.

Fractionnement au sulfate d'ammonium. — L'extrait brut est traité, à 0°, par du $SO_4(NH_4)_2$ neutre cristallisé, jusqu'à 0,2 saturation. Après 1 h de contact, le léger précipité formé est écarté par centrifugation. Au liquide surnageant, à 0°, on ajoute du $SO_4(NH_4)_2$ jusqu'à 0,3 saturation. Un abondant précipité se forme, que l'on recueille, après 1 h, par centrifugation. Le surnageant ne possède plus d'activité sur lactate et retient, lorsqu'on a traité les microbes aux ultrasons en tampon phosphate, l'activité sur 2.3-butanediol. Le précipité repris par l'eau bidistillée constitue l'extrait purifié.

Les Q^N_{BM} de 315, 787 et 562 par exemple, passent respectivement à 2156, 2131 et 2043.

L'électrophorèse (appareil Tiselius) sépare deux fractions dans l'extrait purifié.

Nous avons essayé d'augmenter la pureté par fixation sur gel de phosphate de calcium, gel d'alumine, charbon, ainsi que par des fractionnements acétoniques et alcooliques à — 10° et à — 2°, sans résultat.

Spécificité. — L'extrait purifié au sulfate d'ammonium n'a pas d'action déshydrogénasique sur le 2.3-butanediol, glucose, glucose 6-phosphate, pyruvate, malate, tartrate, citrate, succinate, glycolate, malonate, mandélate, alcool éthylique, acétate et α-hydroxybutyrate.

Sur α-hydroxybutyrate, l'action déshydrogénasique de l'*extrait brut* n'est que de 20 % de celle observée sur le *l*-lactate.

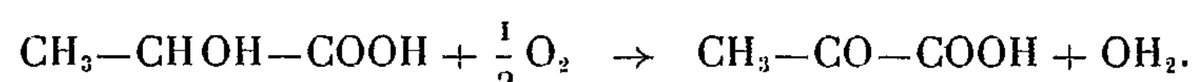
Oxydation du l-lactate en pyruvate. — La L. D. H. du *B. anitratum* (N. W.)

([8]) M. LEMOIGNE, H. GIRARD et G. JACOBELLI, *Ann. Inst. Pasteur*, 82, 1952, p. 389.

([9]) P. VILLECOURT et G. JACOBELLI, *Ann. Inst. Pasteur*, 86, 1954, p. 493.

([10]) N. GRELET, *Ann. Inst. Pasteur*, 81, 1951, p. 430.

oxyde, en présence de bleu de méthylène comme médiateur et d'oxygène comme accepteur d'hydrogène, le *l*-lactate en pyruvate. Nous trouvons une consommation d'oxygène de 222 mm³ pour l'oxydation totale de 20 μmol de lactate. La quantité théorique est de 224 $mm^3 = 10$ μmol d'O_2. Des dosages de pyruvate ([11]) formé à partir de 10 μmol de lactate, effectués parallèlement aux lectures manométriques permettent d'établir l'équation



$$CH_3{-}CHOH{-}COOH + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CH_3{-}CO{-}COOH + OH_2.$$

La constante de Michaelis est $K_m = 5.10^{-3}M$, mesurée dans les mêmes conditions et calculée par la méthode de Dixon ([12]),

A 16 h 15 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 h 15 m.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1954.

Cent cinquantenaire des facultés et écoles de pharmacie et de l'Académie de pharmacie. Supplément au nº 5, mai 1954. T. XII des *Annales pharmaceutiques françaises*, 1803-1953. Paris, Masson 1954; 1 vol. 25 cm.

Eighth Pacific science congress of the Pacific science association and the fourth far-eastern prehistory congress. Abstracts of Papers and *Supplement.* Quezon City, Philippines, Organizing Committee, 1953; 2 vol. 23 cm.

General programme eighth Pacific science congress of the Pacific science association and fourth far-eastern prehistory congress november 16th *to* 28th 1953 *campus of the University of the Philippines, Quezon cyty, Philippines.* Office of the Secretary-general National research council of the Philippines, 1953; 1 vol. 23 cm.

Eighth Pacific science congress. November 16 to 28, 1953. *Philippines fisheries*, by D. V. Villadolid. Manila, Technical Staff of the Bureau of fisheries, 1953; 1 vol. 23 cm.

Forest, Industries of the Philippines, by Winslow L. Gooch. Manila, 1953, The Bureau of forestry. The Department of agriculture and natural resources. The Philippine council for united states aid and The United states mutual security agency; 1 fasc. polycopié 27 cm.

([11]) A. J. Koepsell et E. S. Sharpe, *Arch. of Bioch.*, 38, 1952, p. 443.

([12]) *Bioch. J.*, 55, 1953, p. 161.

Minor products of Philippine forests, by WILLIAM H. BROWN. Vol. I et II. Reprinted with *MSA-Philcusa Aid*. Manila, Bureau of printing, 1920 et 1921 ; 2 vol. 23,5 cm.

Uppsala universitets årsskrift. Acta universitatis upsaliensis, 1952. Band 2. Uppsala, A.-B. Lundequistska Bekhandeln, and Wiesbaden, Otto Harrassowitz, 1954; 1 vol. 24,5 cm.

Konstrouktivnaia teoria founktsi 1931-1953, par SOBRANIC SOTCHINENY. Moscou, Académie des sciences, 1954; 1 vol. 26,5 cm.

Flore de Madagascar et des Comores (Plantes vasculaires). 66e famille : *Chénopodiacées*. 67e fam. : *Amaranthacées*. 68e fam. : *Nyctagynacées*. 69e fam. : *Phytolaccacées*, par A. CAVACO. 147e fam. : *Lythracées*. 148e fam. : *Sonneratiacées*. 149e fam. : *Lécythidacées*, par HENRI PERRIER DE LA BÂTHIE. 150e fam. : *Rhizophoracées*, par J. ARÈNES. 151e fam. : *Combrétacées*, par HENRI PERRIER DE LA BÂTHIE. Paris, Typographie Firmin-Didot, 1954; 2 fasc. 24 cm.

Quelques considérations sur le pouvoir évaporant de l'atmosphère, le déficit d'écoulement effectif et le déficit d'écoulement maximum (considérés du point de vue mondial), par AIMÉ COUTAGNE. Extrait de *La houille blanche*, n° 3. Grenoble, 1954; 1 fasc. 29,5 cm.

Troisième journée de l'hydraulique. Rapport de AIMÉ COUTAGNE. *Étude de quelques corrélations hydrométéorologiques régionales et de leur interprétation algébrique;* 1 fasc. polycopié 27 cm.

Hydrographisches zentralbüro, Wien. Mitteilungsblatt n° 9 des hydrographischen Dienstes in Österreich. *Versuch einer « Graphischen Synthese » der charakteristischen Merkmale eines Gewässers und seines Einzugsgebietes*, von AIMÉ COUTAGNE ; 1 fasc. polycophié 30 cm

Cours de chimie industrielle, par GEORGES DUPONT. T. V. *Industries organiques* (suite). Deuxième édition. Paris, Gauthier-Villars, 1954; 1 vol. 25 cm.

Nouvelle carte du ciel, par ROBERT CHANGEUR. Paris, Gauthier-Villars, 1954; 1 planche 74 cm × 55 cm.

Les rayons cosmiques dans leurs rapports avec l'électricité atmosphérique, la météorologie, le géomagnétisme et l'astronomie, par ALEXANDRE DAUVILLIER. T. I et II. Paris, Dunod, 1954 ; 2 fasc. 24 cm (présenté par M. M. de Broglie).

Les soudures. Technique. Contrôle. Soudabilité des métaux, par DANIEL SÉFÉRIAN. Préface de PIERRE CHEVENARD. Deuxième édition. Paris, Dunod, 1954; 1 vol. 24 cm.

Mémorial des sciences mathématiques. Fasc. 126. *Le mouvement brownien*, par PAUL LÉVY. Paris, Gauthier-Villars, 1954; 1 fasc. 25 cm.

Mémorial des sciences physiques. Fasc. 57. *Conductibilité électrique des lames métal; liques minces*, par ANDRÉ BLANC-LAPIERRE et MARCEL PERROT. Paris, Gauthier-Villars, 1954-1 fasc. 25 cm.

Collection de logique mathématique. Série A. T. V. *Applications scientifiques de la logique mathématique. Actes du deuxième colloque international de logique mathématique.* Paris, 25-30 août 1952. Institut Henri Poincaré. Paris, Gauthier-Villars, et Louvain, E. Nauwelaerts. 1954; 1 fasc. 25 cm.

Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an 1956, publiée par le BUREAU DES LONGITUDES. Paris, Gauthier-Villars, 1954; 1 vol. 24 cm.

Annales de l'Institut Henri Poincaré. Vol. XIII. Fasc. 4. *Considérations sur la théorie de la transmission et sur son application à certains domaines de la Physique*, par ANDRÉ BLANC-LAPIERRE. Paris, Institut H. Poincaré, et Gauthier-Villars, 1953 ; 1 fasc. 27 cm.

Université de Paris. Les conférences du Palais de la découverte. Série A, n° 195 : *La culture d'organes embryonnaires « in vitro »*, par ÉTIENNE WOLFF. N° 196 : *Aux lisières de la géométrie différentielle*, par GEORGES BOULIGAND ; 2 fasc. 18 cm.

International council of scientifics Unions. International Astronomical Union. *Transactions of the international astronomical Union.* Vol. VIII. *Eight general assembly.* Rome 4 september to 13 september 1952, by P. TH. OOSTERHOFF. Cambridge, At the University Press, 1954; 1 vol. 25 cm.

Cahiers scientifiques. Fasc. 20. *Algèbre*, T. I. *Équivalences*, *Opérations*, *Groupes*, *Anneaux*, *Corps*, par PAUL DUBREIL. Préface de GASTON JULIA. Deuxième édition revue et corrigée. Paris, Gauthier-Villars, 1954; 1 vol. 25 cm (présenté par M. G. Julia).

La vie végétale. La cinématique de la vie, par RENÉ SOUÈGES, in *Bibliothèque de philosophie scientifique.* Paris, Flammarion, 1954; 1 vol. 19,5 cm.

Union internationale de chimie pure et appliquée. XIVe *Congrès international de chimie pure et appliquée* (*Chimie organique*) 21-27 juillet 1955. XVIIIe Conférence de l'Union 20-28 juillet 1955; 1 fasc. 20,5 cm.

Publicações do observatorio astronomico da Universidade de Coimbra. N° 1. *Sobre a teoria da refracção astronomica*, pelo MANUEL DOS REIS. Coimbra, Tipografia da Atlântida, 1953; 1 fasc. 24 cm.

Koninkluk nederlands meteorologisch Institut *Weers verwachtingen op lange termijn*, door W. VAN DER BIJL. Verspreide Opstellen 1 S'Gravenhage, Staatsdrukkerij-en uitgeverijbedrijf. 1954; 1 fasc. 20 cm.

(*A suivre*).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 NOVEMBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE DE BROGLIE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** annonce le décès, survenu le 17 janvier 1954, de M. **LEONARD EUGENE DICKSON**, Correspondant pour la Section de géométrie. Il invite l'Académie à se recueillir en silence pendant quelques instants en signe de deuil.

L'allocution nécrologique d'usage sera lue en l'une des prochaines séances par M. **PAUL MONTEL**.

ASTRONOMIE. — *Sur les bases du problème cosmogonique restreint.* Note (*) de M. **ALEXANDRE DAUVILLIER**.

L'auteur montre que le problème de la genèse du système solaire est étroitement associé à celui de l'évolution galactique et qu'il a un triple aspect : astronomique, mécanique et chimique. L'application, aux Amas stellaires, de la théorie cinétique des gaz, permet de rendre compte de l'équipartition de l'énergie, des rotations et associations stellaires et de la genèse des systèmes planétaires.

Les travaux de Johnstone Stoney, Bickerton, Kelvin, Jeans, Jeffreys, ont montré que le système solaire résultait d'interactions stellaires, mais l'improbabilité de tels effets, avec une densité galactique de 3.10^{-3} étoiles par année-lumière au cube, est telle que le problème cosmogonique est demeuré dans une impasse. C'est qu'il a été mal posé et que le système solaire est né, il y a 4.10^9 ans, dans un tout autre endroit que celui où il se trouve aujourd'hui. L'expansion de l'Univers, parfois invoquée, n'a pu se manifester dans la Galaxie.

L'étude du rôle cosmologique des rayons cosmiques nous a conduit à suggérer ([1]) un modèle de galaxie autonome fonctionnant en cycle quasi-

---

(*) Séance du 8 novembre 1954.

([1]) A. DAUVILLIER, *Comptes rendus*, t. 237, 1953, p. 1298.

fermé, par le jeu de l'électromagnétisme cosmique, dans lequel les évolutions des éléments chimiques, des étoiles et de la Galaxie sont étroitement associées. Nous y avons fait jouer aux Amas globulaires, un rôle cosmogonique essentiel, en leur appliquant la théorie des gaz, selon les idées de Kelvin, les étoiles étant considérées comme des molécules. Les travaux de Faye, Du Ligondès, Poincaré, relatifs à la dynamique d'un nuage ultra raréfié de poussière cosmique, indiquaient déjà ce que pouvait être celle d'un Amas. Ceux de von Zeipel et d'autres ont montré que la densité stellaire centrale pouvait y être 700 000 fois plus grande que dans notre région galactique. Le libre parcours stellaire y est comparable au diamètre de l'Amas. Celui-ci est traversé en un temps de l'ordre du million d'années, si bien qu'il aura été parcouru des milliers de fois et que l'équipartition y sera presque réalisée. Les interactions y sont fréquentes et nous en distinguerons trois sortes :

1° *Les pseudo-chocs*, n'entraînant que des effets de marée, auxquels on doit l'équipartition de l'énergie cinétique. Lorsque ces effets deviennent importants, la perte d'énergie provoque la capture et les associations d'étoiles doubles, puis multiples. Le grand moment orbital de ces couples et les rapides rotations stellaires en sont les conséquences. Ces effets de marée seraient, à eux seuls, insuffisants pour rendre compte des masses et des moments observés dans le système solaire.

2° *Les collisions centrales*, qui sont des événements catastrophiques, accompagnés de températures très élevées et de réactions nucléaires à la faveur desquelles les étoiles hyperdenses engendrent de *nouvelles* Géantes rouges massives, formées de *nouveaux* éléments. C'est dans ces collisions que nous trouvons la source du rajeunissement de l'Univers et de l'énergie nucléaire.

3° *Les collisions rasantes*, provoquant une capture, suivie d'une série de collisions tangentielles, aboutissant à la fusion des deux étoiles en une seule. C'est le mode de genèse des systèmes planétaires.

Ce qui est vrai pour les Amas, l'est, *a fortiori*, pour le centre du Noyau galactique, où la population stellaire est plus dense encore. C'est ainsi que notre système est né, au centre du Noyau, de la capture de deux Naines ayant chacune près de la moitié de la masse du Soleil. L'existence de deux familles planétaires s'interprète simplement par ce mécanisme : les collisions rasantes initiales ayant provoqué l'émission de cinq paires de planètes géantes et les oscillations finales du Soleil résultant, l'expulsion de cinq paires de planètes naines. Le moment orbital du système serait fourni, par une vitesse relative transverse des deux composantes stellaires, aussi faible que 320 m/s à la distance de deux unités astronomiques. La décroissance exponentielle de l'amplitude de ces effets en fonction du *temps* conduit à la loi de Bode. Les orbites circulaires résultent de la combinaison des orbites elliptiques jumelles. L'interaction d'étoiles de types, masses et températures variées, engendre des

effets d'une grande diversité. Le problème cosmogonique restreint s'intègre ainsi dans celui de l'évolution galactique. La formation d'un système planétaire n'est qu'un cas particulier de celle d'étoiles doubles et l'on peut prévoir 2 % de tels systèmes.

Nous avons déjà montré que la jonction des planètes jumelles pouvait donner lieu à trois sortes d'événements :

1° Dans le cas des géantes, se rencontrant au bout de quelques millénaires encore *gazeuses*, la capture, avec collisions rasantes, s'est produite dans le cas de Saturne. Ainsi s'explique l'analogie structurale du système planétaire et de son système satellitaire. Elle possède en effet, deux familles de satellites normaux, les Géants : Titan et Japet, et les Nains. Ainsi s'interprètent les discontinuités que nous observons dans les distances et les masses des planètes et des satellites. Dans le cas de Jupiter et d'Uranus, les deux planètes jumelles ont fusionné sans collision préalable et n'ont engendré qu'une famille de Nains. Ainsi s'expliquent les rotations *différentielles* du Soleil et des planètes Géantes.

2° Dans le cas des planètes terrestres, dont les jumelles ont fusionné au bout de quelques siècles à l'état *fondu*, des satellites normaux ne pouvaient être engendrés. Mais, dans le cas exeptionnel de la Terre, les deux jumelles ont fusionné tangentiellement en apportant un moment angulaire considérable ayant conduit au piroïde de Poincaré et au système Terre-Lune, planète double ayant évolué selon la théorie de Darwin.

3° Enfin, dans le cas des deux jumelles devant constituer la planète d'Olbers, les planètes étaient si petites qu'elles se sont capturées à l'état *solide*, au terme de leur évolution chimique et minéralogique. Elles se sont disloquées progressivement, le long de l'orbite circulaire résultante, en donnant naissance aux anneaux d'astéroïdes. La genèse de l'anneau de Saturne a été identique.

Mais au problème mécanique, s'ajoute un problème physico-chimique non moins essentiel. Il est dominé par l'abondance cosmique des éléments, la nature du mélange de Russell et la théorie cinétique des gaz, appliquée cette fois-ci, au propre. Il faut rendre compte des compositions chimiques si différentes du Soleil, des planètes géantes et naines et des météorites. Si l'on extrait d'un seul coup, comme le voulait Jeans, toute la matière des planètes, on se heurte aux objections formulées par L. Spitzer : cette matière exploserait. Si l'on en extrait la matière par « quanta » insuffisants, comme le voulaient Chamberlin et Moulton, on se heurte aux objections tirées de la théorie cinétique : la matière s'évaporerait dans l'espace. La théorie assigne, pour chaque température, des masses critiques, et la différenciation chimique ne résulte que d'une évaporation thermique fractionnée. Ainsi peut-on donner des bases théoriques à la géochimie.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Essai d'une interprétation du résultat négatif de l'expérience de Michelson, sans recours à la transformation de Lorentz.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky.**

Remarques sur une mécanique dont dépendent les équations de Maxwell, complémentaire à la Mécanique classique. Le raccordement de ces deux mécaniques sur le plan de l'énergie et le résultat négatif de l'expérience de Michelson découlent du postulat que les composantes de la vitesse de l'éther libre restent, en tout point et à tout instant, perpendiculaires à la vitesse de propagation des champs correspondants.

Rappelons, en y ajoutant quelques précisions, les résultats ([1]) mis à la base des développements de la présente communication.

La propagation des petites perturbations dans un gaz parfait, soumis à la loi adiabatique, est déterminée par les équations de continuité et dynamique, qu'on peut exprimer, en négligeant les carrés et produits de petites quantités comme suit

$$(1)\qquad \operatorname{div}\vec{H'}=\frac{1}{c'}\frac{\partial E'}{\partial t},\qquad \overrightarrow{\operatorname{grad}}\,E'=\frac{1}{c'}\frac{\partial \vec{H'}}{\partial t},\qquad \vec{H'}=H'\vec{j}=\sqrt{\rho_0}\vec{V},\qquad E'=\frac{p-p_0}{c'\sqrt{\rho_0}},$$

$\vec{V}$ est la vitesse en un point (x, y, z) à l'instant t, p — la pression correspondante, ρ_0 — la densité en un point où $\vec{V}=0, \rho=\rho_0$. La célérité du son $\vec{c}'=(\gamma p_0/\rho_0)j$, et $(1/2)H'^2$, $(1/2)E'^2$ représentent l'énergie cinétique et l'énergie intrinsèque (d'expansion) du gaz par unit de volume. Nous considérerons la masse $\vec{m}'=(\rho\, dx\, dy\, dz)\vec{k}$ comme vecteur et admettrons qu'à l'instant considéré les trièdres trirectangles $OE'H'\vec{m}'$ et $Oxyz$ se confondent.

En prenant respectivement les produits scalaire et vectoriel des deux parties de la première et de la seconde des équations (1) par $\vec{i}$, il vient après quelques transformations,

$$(2)\qquad \operatorname{curl} H'\vec{k}=\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\left(-E'\vec{i}\right),\qquad \operatorname{curl}\left(-E'\vec{i}\right)=-\frac{1}{c'}\frac{\partial H'\vec{k}}{\partial t}.$$

On peut interpréter géométriquement cette transformation comme un virement du trièdre $OE'H'm'$ d'un angle $\pi/2$ autour de l'axe Ox, suivi d'un virement de ce trièdre d'un angle $-\pi$ autour de l'axe Oz. Le vecteur $\vec{c}'=c'\vec{j}$ ne participe pas à ces virements. Ce sont les trièdres $O(-E')m'H'$, $O(-E')c'H'$ et $Oxyz$ qui se confondent après la transformation

En prenant le produit scalaire par $\vec{i}$ des deux parties de la première et le produit vectoriel par $-\vec{i}$ des deux parties de la seconde des équations (2), on revient aux équations (1).

([1]) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 391 et 432; 239, 1954, p. 216.

En comparant les équations (2) aux équations de Maxwell (3)

$$\text{curl}\,\vec{H} = \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}, \qquad \text{curl}\,\vec{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \vec{H}}{\partial t}, \tag{3}$$

on obtient la correspondance remarquable

$$\vec{H} \to \vec{H}', \qquad \vec{E} \to -\vec{E}', \qquad \vec{c} \to \vec{c}',$$

Le module de la vitesse de propagation $\vec{c}$ des ondes planes qui s'entrecroisent en un point donné étant un invariant, ces vitesses ne sont pas soumises à la règle d'addition des vecteurs tandis que les vecteurs $\vec{E}$, $\vec{H}$ et, par conséquent, la vitesse $\vec{V}$ le sont, mais ils restent individuellement perpendiculaire à la vitesse $\vec{c}$ de leur onde afférente. Les produits scalaires $\vec{V}.\vec{c}$ et $\vec{V}.\vec{m}$ sont donc nécessairement nuls.

En multipliant les deux premières équations (1) respectivement par E′ et H′, en prenant ensuite leur somme et en procédant de même avec $\vec{E}$, $\vec{H}$ dans les équations (3), on obtient les équations

$$\frac{\partial}{\partial t}\iiint \frac{1}{2}(E'^2 + H'^2)\,d\tau = -c' \iint E'\,\vec{H}'\,\vec{n}\,d\sigma, \tag{4}$$

$$\frac{\partial}{\partial t}\iiint \frac{1}{2}(E^2 + H^2)\,d\tau = -c \iint \left(\vec{E} \times \vec{H}\right)\vec{n}\,d\sigma, \tag{5}$$

la normale $\vec{n}$ aux éléments de surface $d\sigma$ étant dirigée vers l'intérieur du volume τ.

On interprète généralement l'équation (4) comme variation par unité de temps de l'énergie dans le volume τ déterminée par le travail correspondant du système de forces appliquée à sa surface σ et l'équation (5) de Poynting comme cette variation d'énergie déterminée par le flux d'énergie à travers la surface σ.

C'est en cherchant à étendre l'interprétation susdite de l'équation (4) à l'équation (5), que j'ai été amené à adjoindre aux équations de la mécanique classique :

$$\vec{\mathcal{F}} = \frac{d}{dt}\left(m\vec{V}\right) = m\frac{d\vec{V}}{dt}, \qquad \vec{V}.\vec{\mathcal{F}} = V\mathcal{F}\cos\widehat{V\mathcal{F}} = m\frac{d}{dt}\frac{V^2}{2}, \tag{6}$$

les équations d'une mécanique complémentaire dont dépendent directement les équations de Maxwell :

$$\vec{\mathcal{F}} = \frac{d}{dt}\left(\vec{m} \times \vec{V}\right) = \vec{m} \times \frac{d\vec{V}}{dt}, \qquad \vec{V} \times \vec{\mathcal{F}} = \vec{m}\frac{d}{dt}\frac{V^2}{2} - \left(\vec{V}.\vec{m}\right)\frac{d\vec{V}}{dt}. \tag{7}$$

On peut omettre le produit scalaire $\vec{V}.\vec{m}$ qui est toujours nul, comme nous

l'avons précisé plus haut. En remarquant que $\sin \widehat{V\mathcal{F}} = 1$ et que $\vec{k} \times \vec{i} = \vec{j}$, on ramène la seconde des équations (7) à la forme

$$V\mathcal{F} = m \frac{d}{dt} \frac{V^2}{2}. \tag{8}$$

On peut comparer la seconde des équations (6) à l'équation (7) ou (8) en leur adjoignant les variations d'énergies potentielle et intrinsèque et l'on constate ainsi que les deux mécaniques considérées se raccordent sur le plan de l'énergie et que les équations (6) et (7) correspondent respectivement aux équations (4) et (5).

Considérons la propagation le long de l'axe Oy des oscillations d'une corde vibrante dans le plan yOz. Il résulte de la mécanique newtonienne que chaque élément de la corde subit des accélérations $\dot{w}$ et acquiert des vitesses w parallèles à l'axe Oz et peut posséder en plus une vitesse uniforme $\pm v$ qu'on communiquerait à la corde. Il en résulte, si $v \neq 0$, que la vitesse $\vec{V} = \pm v\vec{j} + w\vec{k}$ de chaque élément de la corde n'est pas nécessairement perpendiculaire à la célérité $\vec{c}$ de l'onde et un observateur peut enregistrer ainsi des vitesses de propagation relative $c \pm v$ d'ondes, comme on l'admettait dans l'expérience de Michelson. Le résultat négatif de cette expérience pourrait être attribué au fait que les vecteurs $\vec{H}$ et $\vec{E}$, et en raison de la correspondance hydrodynamique mentionnée plus haut la vitesse $\vec{V}$ de l'éther libre, restent toujours perpendiculaires à la vitesse de propagation $\vec{c}$ des ondes.

M. **Gaston Julia** fait hommage à l'Académie de la deuxième édition de son *Cours de géométrie infinitésimale*. Deuxième fascicule : *Cinématique et géométrie cinématique*. Première partie : *Généralités*.

M. **Selman A. Waksman** adresse en hommage à l'Académie un exemplaire de son autobiographie qu'il vient de publier et qui est intitulée : *My life with the microbes*.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Léon Binet** et **Georges Guillain** sont désignés pour représenter l'Académie à l'inauguration, le 24 novembre 1954, de la rue **Hyacinthe Vincent**, à Paris. Cette rue sera constituée par une partie de la rue Émile Faguet.

CORRESPONDANCE.

M. **Ali Aydemir**, à Ankara, adresse des condoléances à l'occasion du décès de M. *Albert Demolon*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Les fondements logiques des mathématiques*, par E. W. Beth. Deuxième édition.

2° *Possible maximum variations in the force of gravity as may be observed at the earth's surface*, by V. G. Gabriel.

3° Alfredo D. Bateman. *El Observatorio astronomico de Bogota. Monografia historica*, 1803-1953.

4° Academia Republicii populare Romine. *Bibliografia lucrarilor Lui Victor Babes*.

5° id. *V. Babes. Opere alese*. Vol. I.

6° id. *C. I. Parhon. Opere alese*. Vol. I. *Neurologie*.

7° id. *La science dans la République populaire Roumaine*. Revue périodique. Tome I.

8° id. S. Stoilow. *Teoria functiilor de o variabila complexa*. Vol. I.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la structure des pseudogroupes de Lie.* Note de M. **Daniel Bernard**, présentée par M. Joseph Pérès.

Structures infinitésimales régulières admettant les mêmes automorphismes. Constantes de structure réduites d'un pseudogroupe de Lie normal. Condition nécessaire et suffisante de similitude locale de deux pseudogroupes normaux.

1. Soit V_n une variété différentiable de classe C^1 munie d'une G-structure (¹) déterminée par le recouvrement ouvert $\{U_\alpha\}$ et les matrices $n \times 1$ de formes de Pfaff θ_α définies dans U_α. Soit $N(G)$ le normalisateur de G dans $GL(n, R)$ et $h \in N(G) - G$: Les formes $\varphi_\alpha = h\theta_\alpha$ définies dans les mêmes ouverts U_α déterminent une nouvelle G-structure S′ qui sera dite *associée* à S; S et S′ admettent les mêmes automorphismes. Réciproquement si deux G-structures S et S′ admettent les mêmes automorphismes, on a $\varphi_\alpha(x) = h_\alpha(x)\theta_\alpha(x)$; si S et S′ sont isotropes (²), l'existence d'un automorphisme f de S′ : $x \to x'$

(¹) Pour les définitions et notations *voir* S. S. Chern, « *Géométrie différentielle* » (*Coll. int. du C. N. R. S.*, Strasbourg, 1953, p. 119-135).

(²) P. Libermann, *Thèse*, Strasbourg, 1953, p. 22. S homogène signifie qu'il existe pour tout couple de points x et x' de V_n un automorphisme f tel que $f(x) = x'$.

tel que $\varphi_\alpha(x_0 + dx') = g : \varphi_\alpha(x_0 + dx)$ quel que soit $g \in G$ entraîne $h_\alpha(x_0) \in N(G) - G$; si de plus S et S′ sont homogènes, l'existence d'un automorphisme appliquant le point x_0 sur tout $x \in V_n$ entraîne

$$h_\beta(x) = g'_\beta(x)\, h_\alpha(x_0)\, g''_\beta(x)$$

ou $g'_\beta(x)$ et $g''_\beta(x)$ sont deux fonctions continues de $x \in U_\beta$ à valeurs dans G; on obtient ainsi le

Théorème I. — *Pour que deux* G-*structures isotropes et homogènes admettent les mêmes automorphismes, il faut et il suffit qu'elles soient associées.*

2. Soit V_n analytique réelle. On démontre, en utilisant le prolongement des automorphismes à l'espace fibré principal associé et les théorèmes d'existence des solutions des systèmes en involution, le

Lemme. — G *étant supposé involutif, pour qu'une* G-*structure soit intégrable au sens de Chern, il faut et suffit qu'elle soit isotrope et homogène.*

Du lemme et du théorème I, on déduit le

Théorème II. — G *étant involutif, les structures associées à une* G-*structure intégrable* S *sont intégrables. Ce sont les seules* G-*structures qui admettent les mêmes automorphismes que* S.

Nous appellerons « pseudogroupe de Lie transitif normal » le pseudogroupe des automorphismes d'une telle structure.

3. Soient r_1 le rang du système des formes $a^i_{\rho p} b^\rho_q - a^i_{\rho q} b^\rho_p$ ([1]) et des indices u, $v = 1, \ldots, n^2(n-1)/2$; $\alpha', \beta' = 1, \ldots, r_1$; $\alpha, \beta = r_1 + 1, \ldots, n^2(n-1)/2$. On pose $u = [{}^{i}_{(j,k)}]$, $(j < k)$ de telle façon que, parmi les constantes $C^u = C^i_{jk}$, les $C^{\alpha'}$ soient celles qui sont nulles canoniquement. Si l'on pose $a^i_{\rho j} b^\rho_k - a^i_{\rho k} b^\rho_j = t^u$, les $t^{\alpha'}$ sont linéairement indépendantes et l'on a $t^\alpha = A^\alpha_{\alpha'} t^{\alpha'}$, les $A^\alpha_{\alpha'}$ étant des constantes qui ne dépendent que de G. Alors, si les invariants de $S(U_\alpha, \theta_\alpha)$ sont C^β, les invariants de $S'(U_\alpha, h_\alpha \theta_\alpha)$, $h \in N(G) - G$, sont

$$(1) \qquad C'^\alpha = (H^\alpha_\beta - A^\alpha_{\alpha'} H^{\alpha'}_\beta)\, C^\beta \qquad \text{avec} \quad H^u_v = h^i_j [(h^{-1})^p_l (h^{-1})^q_m - (h^1)^q_l (h^{-1})^p_m]$$
$$u = [{}^{i}_{(e,m)}], \qquad v = [{}^{j}_{(p,q)}].$$

Soit C (resp. C′) le point de coordonnées C^α (resp. C'^α) dans R^{r_2} $[r_1 + r_2 = n^2(\gamma - 1)/2]$.

D'après le troisième théorème fondamental de E. Cartan ([3]), C et C′ appartiennent à une sous-variété $L \subset R^{r_2}$ à tout point de laquelle correspond une G-structure définie sur un ouvert de E_n. Les formules (1) qui peuvent s'écrire $C' = \varphi_h C$ définissent un groupe de transformations $N^*(G)$ opérant sur L, qui est homomorphe à N(G) le noyau étant G. $N^*(G)$ et L ne dépendant que de G, on peut supposer choisi par une loi qui *ne dépend que de* G, un représentant dans chaque classe d'intransitivité de $N^*(G)$ sur L : Ses coordonnées C^α seront appelées *constantes de structure réduites* du pseudogroupe

([3]) *Ann. Éc. Norm. Sup.*, **21**, 1904, p. 153-206; **22**, 1905, p. 219-308.

de Lie des automorphismes de toutes les G-structures associées de la classe considérée.

Exemple. — G est le groupe indiqué dans ([1]) des matrices

$$g=\begin{pmatrix} u & v & w \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (u>0); \qquad r_1=6, \qquad r_2=3, \qquad R^{r_2}(\lambda, \mu, \nu), \qquad L:\nu=0,$$

$$h\in N(G)=\begin{pmatrix} \alpha & \beta & \gamma \\ 0 & \beta' & \gamma' \\ 0 & \beta'' & \gamma'' \end{pmatrix} \quad (\text{dét. } h\neq 0); \qquad N^*(G):(\lambda,\mu)\in L\to(\lambda',\mu')$$

avec

$$\lambda'=\frac{\beta'\lambda+\beta''\mu}{\beta'\gamma''-\gamma'\beta''}, \qquad \mu'=\frac{\gamma'\lambda+\gamma''\mu}{\beta'\gamma''-\gamma'\beta''}$$

$N^*(G)$ n'a que deux classes d'intransitivité, de représentants (0, 0) et (0, — 1). Le pseudogroupe indiqué par Chern dans ([1]) correspond à la deuxième classe.

4° Soit Γ (resp. Γ') un pseudogroupe de transformations analytiques de V_n(resp. V'_n) : ils seront dits *localement semblables* si pour tout $x'\in V'_n$ il existe un voisinage U′, un ouvert $U\subset V_n$ et un homéomorphisme analytique de U sur U′ par lequel la restriction de Γ à U soit transmuée en la restriction de Γ' à U′. On obtient le

THÉORÈME III. — *Pour que deux pseudogroupes de Lie transitifs normaux, correspondant au même groupe* G, *soient localement semblables, il faut et suffit qu'ils aient mêmes constantes de structures réduites.*

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur l'analyse intrinsèque d'une distribution.* Note (*) de M. **Étienne Helphen** †, présentée par M. Émile Borel.

Il se rencontre des faits statistiques qui ne se prêtent pas à être *ordonnés* de façon naturelle (par exemple : fréquences des lettres de l'alphabet). Pour représenter analytiquement la structure d'une telle distribution, nous avons introduit ([1]) la « fonction caractéristique intrinsèque » :

$$\sum_i p_i^{1+s}=\psi(s),$$

où les p_i sont les probabilités ou les fréquences des divers événements.

Si les événements sont très nombreux, ou même en infinité dénombrable, on commence par les ordonner à l'aide d'une (ou plusieurs) variable auxiliaire x, et l'on forme

$$\psi(s)=\int f^{1+s}\,dx.$$

(*) Séance du 8 novembre 1954.

([1]) Ces résultats avaient été obtenus en 1938-1939 et exposés au Séminaire de Calcul des Probabilités de M. Borel. Diverses circonstances nous en avaient fait ajourner la publication.

(Il convient souvent de multiplier ψ par un facteur « infinitésimal » ε^s, où ε caractérise l'*unité d'événement*; de toute manière ψ n'est défini qu'à un facteur a^s près, si l'échelle des x est arbitraire.)

Toute transformation des x qui laisse invariantes les mesures d'ensembles (« permutation »), laisse ψ inaltérée; réciproquement, sous des conditions très larges, ψ définit totalement $f(x)$ à une « permutation » près sur les x. Nous disons que ψ définit *intrinsèquement* $f(x)$.

Pour une loi à deux variables, on prend

$$\psi(s)=\iint f(x,y)^{1+s}\,dx\,dy.$$

Si f se décompose en $f_1(x)$, $f_2(y)$, ψ est le produit de ψ_1 et de ψ_2. On peut ainsi démontrer par exemple qu'une loi de Gauss à deux variables est intrinsèquement équivalente à une loi de Laplace à une variable (ce qui, du reste, se vérifie immédiatement). Une loi de Gauss à deux variables reste intrinsèquement inaltérée si les variables sont corrélées.

Le premier « moment intrinsèque » : $\psi'(0)=\int f\,\mathcal{L}f\,dx$ est l'entropie. Les moments intrinsèques suivants peuvent aussi rendre de grands services.

Lorsque f est bornée, l'entropie donne lieu à une inégalité analogue à celle de Tchebichef sur la dispersion.

La notion de distribution intrinsèque s'introduit très naturellement dans l'étude des tests, où elle doit permettre des calculs avantageux. L'estimation sur échantillon des deux premiers moments intrinsèques semble assez précise.

N. B. — L'inversion de l'équation fonctionnelle

$$\psi(s)=\int f(x)^{1+s}\,dx$$

permet l'expression par une intégrale double de la mesure de l'ensemble sur lequel f vérifie : $a<f<b$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Droites de régression confondues.* Note (*) de M. **Maurice Girault**, présentée par M. Émile Borel.

Soit une distribution dans le plan (ox, oy). On sait que si les moments du second ordre existent et que les deux droites de régression de x en y et de y en x sont confondues, la distribution est concentrée uniquement sur la droite de régression et la liaison entre les variables est fonctionnelle. M. G. Darmois m'avait posé le problème de savoir si cette propriété reste vraie sans l'hypothèse restrictive des moments.

(*) Séance du 8 novembre 1954.

La réponse est négative : il existe des liaisons effectivement stochastiques pour lesquelles les droites de régression sont confondues.

Exemple. — Soit *ou* et *ov* les bissectrices des axes et, par rapport à ces axes, la distribution de loi élémentaire

$$\frac{3\sqrt{2}}{2\pi}\,\frac{du}{u^2+18}$$

sur les deux branches de l'hyperbole d'équation

$$9v^2 = u^2 + 18.$$

Il est facile de constater que cette distribution, par rapport aux axes ox, oy admet pour droites de régression $y = x$.

Signalons qu'une propriété analogue a lieu pour les droites médianes lorsqu'on ne fait pas d'hypothèse sur les moments du premier ordre.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Équivalence de la théorie « complète » de Fermi avec la théorie de Yukawa.* Note de M. **Bernard Jouvet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous montrons que la somme de toutes les interactions qu'autorise le principe d'un couplage fondamental de Fermi entre nucléons et leptons est identique à la somme des interactions qui résultent de l'existence de couplages déterminés entre les fermions et des mésons dont les propriétés sont aussi déterminées. Les désintégrations β ont donc nécessairement lieu par l'intermédiaire des champs de mésons.

A. Traitement d'un cas simple. — Nous reprenons les résultats obtenus dans la « théorie réaliste des mésons pseudoscalaires » [1] et considérons d'abord le cas limite où les constantes de régularisation des boucles de leptons sont infinies ($K_{L_iL_0} \to \infty$). Tous les noyaux d'interaction (uv) sont nuls excepté le noyau (NN) qui est $(NN) = -2\gamma/(1+2\gamma K_{np})$.

Première méthode. — Posant

$$K_{np}(p) = a + b(p^2+\pi^2) + (p^2+\pi^2)\,R(p^2) \qquad [R(-\pi^2) = 0]$$

et choisissant les constantes $a = -(1/2\gamma)$, $b = i/G^2$ on a

$$(NN) = iG^2\,\frac{1}{(p^2+\pi^2)(1 - iG^2 R(p^2))}$$

(1) B. Jouvet, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1121; Dans cette Note, p. 1122, 9e et 10e ligne, il faut lire

$$K_{\alpha\beta}(x-x') = \langle P(j^5_{\alpha\beta}(x), j^5_{\alpha\beta}(x'))\rangle_0,$$
$$j^5_{\alpha\beta}(x) = \bar{\psi}_\alpha(x)\gamma^5\psi_\beta(x), \qquad (\alpha, \beta) = (n, p), (L_0, L_1), (L_0, L_2),$$

au lieu de ce qui a été indiqué par erreur.

qui est le noyau produit par l'échange d'un méson π dont le propagateur est modifié au premier ordre par les termes de polarisation du vide dans une théorie de Yukawa qui ignore les interactions avec les leptons et qui ne suppose l'existence que d'un seul méson couplé avec les nucléons par la constante G. De cette égalité résulte, de la même façon que nous l'avons montré pour l'électromagnétisme ([2]), l'équivalence de la théorie réaliste (dans ce cas particulier) et de la théorie de Yukawa simplifiée correspondante.

Deuxième méthode. — Cependant nous ne pensons pas qu'il soit physiquement exact de choisir ainsi les constantes (a et b) en vue d'obtenir la théorie conventionnelle de Yukawa; écrivons plutôt, ce qui est toujours possible et ne suppose aucune connaissance *a priori* des masses des mésons

$$(\mathrm{NN}) = i\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{U}(p^2)}, \qquad \mathrm{U}(-\pi^2) = 0; \qquad \left(\frac{\partial \mathrm{U}}{\partial p^2}\right)_{(p^2=-\pi^2)} = 1,$$
$$\pi = \pi(\mathrm{C}_1, \mathrm{C}_2, g), \qquad \mathrm{A} = \mathrm{A}(\mathrm{C}_1, \mathrm{C}_2, g).$$

(les constantes C_1 et C_2 étant les constantes de régularisation contenues dans l'expression de K_{np}); comme nous l'avons vu ([1]), $\mathrm{A} = \mathrm{G}^2$ et π doit être la masse calculée du méson. Définissons alors une théorie de Yukawa, Y_R, dans laquelle le méson satisfait une équation de propagation donnant lieu au propagateur $1/\mathrm{X}(p^2)$ dont la forme est déterminée par la condition que le noyau d'interaction de deux nucléons, corrigé au premier ordre en G^2 et renormalisé, soit identique au noyau d'interaction (NN) de la théorie réaliste :

$$\left\{ i\mathrm{G}^2 \frac{1}{\mathrm{X}(p^2)(1-\mathrm{G}^2\mathrm{R}(p^2))} \right\} = \left\{ (\mathrm{NN}) \equiv i\mathrm{G}^2 \frac{1}{\mathrm{U}(p^2)} \right\}.$$

La fonction $\mathrm{X}(p^2)$ ainsi définie n'est généralement pas une fonction linéaire de $(p^2+\pi^2)$, et pour la renormalisation de la masse du méson il n'est pas certain que la méthode de Dyson soit applicable; on peut néanmoins toujours appliquer la régularisation pour supprimer la constante de masse (a). La démonstration de l'équivalence de la théorie Y_R et de la théorie de Fermi dans laquelle on tient compte de tous les termes se fait comme précédemment.

B. Cas généraux. — Les méthodes envisagées plus haut se généralisent, moyennant de plus grandes complications aux cas où interviennent effectivement les champs de leptons;

1° *Théorie de Yukawa des désintégrations* β *et des forces nucléaires.* — La théorie réaliste retrouve les résultats de la théorie de Yukawa dans laquelle un seul type de méson est sensé intervenir dans les phénomènes nucléaires, lorsqu'on suppose que les constantes de régularisation des leptons sont très grandes ($\gamma \mathrm{K}_{\mathrm{L}_i\mathrm{L}_0} \gg 1$) et telles que les fonctions $\mathrm{K}_{\mathrm{L}_i\mathrm{L}_0}$ ne présentent pas de zéro aux basses énergies.

([2]) B. Jouvet, *J. Math.* (sous presse), chap. IX.

Dans cette approximation, non seulement la symétrie de charge, mais aussi l'indépendance de charge des forces nucléaires résultent du couplage nucléon-lepton

$$g\left\{(np)\left(\sum_{1,2}(L_iL_0)\right)+((nn)-(pp))\left(\sum_{1,2}(L_iL_i)-(L_0L_0)\right)\right\}.$$

2° *Généralisation de la théorie de Yukawa.* — La théorie de Yukawa étant défectueuse pour expliquer quantitativement les désintégrations β, on peut voir à la lumière de la théorie réaliste l'importance des schématisations que constituent les fondements phénoménologiques de cette théorie :

— L'hypothèse de la linéarité des équations du méson n'est pas vérifiée et les termes ignorés sont d'autant plus importants que l'énergie échangée par le méson est plus différente de sa masse (phénomènes virtuels).

— L'approximation de ne considérer que la seule intervention du méson π dans les phénomènes virtuels, et surtout dans les désintégrations β, n'est pas justifiée; il semble au contraire qu'on ne puisse expliquer la désintégration du méson μ sans faire intervenir un ou plusieurs nouveaux mésons ayant des constantes de couplage avec les fermions très différentes de celles des mésons π et τ.

C. Conclusion. — Il apparaît ainsi que la théorie de Yukawa des phénomènes nucléaires est, quoique incomplète à certains points de vue, exacte lorsqu'elle prétend expliquer les désintégrations β avec les mésons; la négligence des termes de degré > 1 en g dans la théorie de Fermi ne se justifie pas; nous montrons au contraire que si l'on en tient compte, la théorie de Fermi est équivalente à celle de Yukawa. Cette intervention *obligatoire* des mésons virtuels dans les désintégrations β doit se manifester expérimentalement par l'effet des champs nucléaires (nucléons, mésons, photons) sur le méson intermédiaire.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la représentation de l'oscillateur harmonique dans la théorie de la double solution en mécanique ondulatoire.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Détermination, dans la théorie de la double solution, des fonctions d'ondes régulières et à singularités localisées mobiles décrivant les trajectoires du corpuscule dans le cas de l'oscillateur harmonique.

Dans la nouvelle forme de la Mécanique ondulatoire proposée par M. Louis de Broglie [1], les corpuscules sont représentés par l'association au moyen d'une phase commune d'une onde régulière et d'une onde à singularités localisées mobiles décrivant les trajectoires des corpuscules.

(1) Cours professé à l'Institut H. Poincaré, 1952-1953, 1953-1954.

Nous nous proposons ici en utilisant la méthode que nous avons indiqué précédemment ([2]) de déterminer les fonctions d'ondes décrivant l'oscillateur harmonique spatial.

Par la décomposition $\psi(x, y, z, t) = a(x, y, z, t) \exp[(i/\hbar) S(x, y, z, t)]$, a et S étant réels, l'équation d'ondes de Schrödinger dépendant du temps donne le système

$$\hbar^2 \Delta a + [2m(\partial_t S - kr^2) - \Sigma(\partial_x S)^2]\, a = 0, \tag{1}$$

$$2m(\partial_t a) - 2\Sigma(\partial_x S)(\partial_x a) - \Delta S\, a = 0. \tag{2}$$

Cherchant une solution pour laquelle $\Delta S = 0$, nous posons

$$S(x, y, z, t) = S_0(t) - S_1(t)x - S_2(t)y - S_3(t)z.$$

Les courbes caractéristiques de l'équation (2), soient $x_j = \varphi_j(t)$, $x_j^0 = \varphi_j(t_0)$, $j = 1, 2, 3$, satisfont aux relations $m\varphi_j'(t) = S_j(t)$.

Par la transformation $\lambda_j = x_j - \varphi_j(t)$, l'équation (1) s'écrit

$$\hbar^2 \Delta_\lambda a(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) + [B - 2m\Sigma\lambda_j A_j - 2km\Sigma(\lambda_j)^2]\, a(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = 0, \tag{3}$$

A_1, A_2, A_3, B sont des constantes telles que

$$S_j' + 2k\varphi_j(t) = A_j; \qquad 2mS_0'(t) - \Sigma(S_j)^2 - 2m\Sigma A_j\varphi_j + 2mk\Sigma(\varphi_j)^2 = B.$$

Posant $\omega^2 = 2k/m$, nous en déduisons

$$\varphi_j(t) = R_j \cos[\omega(t - t_0) - \beta_j] + x_j^0 - R_j \cos\beta_j,$$
$$v_j^0 = \omega R_j \sin\beta_j; \qquad A_j = 2k(x_j^0 - R_j\cos\beta_j),$$
$$S_j(t) = -(2km)^{\frac{1}{2}} R_j \sin[\omega(t - t_0) - \beta_j],$$
$$S_0(t) = [B + (m/2k)\Sigma A_j^2](t/2m) - (m\omega/4)\Sigma R_j^2 \sin 2[\omega(t - t_0) - \beta_j].$$

Pour $A_1 = A_2 = A_3 = 0$, nous retrouvons les trajectoires classiques. L'équation (3) s'écrit alors

$$\hbar^2 \Delta_\lambda a(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) + [B - 2km\Sigma(\lambda_j)^2]\, a(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = 0. \tag{4}$$

Nous retrouvons l'équation de Schrödinger transposée dans l'espace (λ_1, λ_2, λ_3).

La résolution de cette équation par séparation des variables en posant

$$\lambda_1 = \rho \sin\theta \cos\varphi, \qquad \lambda_2 = \rho \sin\theta \sin\varphi, \qquad \lambda_3 = \rho\cos\theta,$$
$$a(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = a_l(\rho)\, Y_m^l(\theta, \varphi); \qquad B = \hbar^2 \varkappa, \qquad \hbar^2\sigma^2 = 2km,$$

conduit à l'équation

$$\left[\frac{\partial^2}{\partial\rho^2} + \frac{2}{\rho}\frac{\partial}{\partial\rho} - \frac{l(l+1)}{\rho^2} + \varkappa - \sigma^2\rho^2\right] a_l(\rho) = 0.$$

([2]) *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 344 et 792.

La solution générale de cette équation s'écrit

$$a_l(\rho) = C_1^{(l)} e^{-\frac{\sigma\rho^2}{2}} \rho^l {}_1F_1\left[\frac{1}{2}\left(l+\frac{3}{2}-\frac{\varkappa}{2\sigma}\right);\ l+\frac{3}{2};\ \sigma\rho^2\right]$$
$$+ C_2^{(l)} e^{-\frac{\sigma\rho^2}{2}} \rho^{-(l+1)} {}_1F_1\left[-\frac{1}{2}\left(l-\frac{1}{2}+\frac{\varkappa}{2\sigma}\right);\ -l+\frac{1}{2};\ \sigma\rho^2\right].$$

Les $C_1^{(l)}$, $C_2^{(l)}$ sont des constantes de structure du corpuscule. Le terme en $C_1^{(l)}$ correspond à l'onde régulière, le terme en $C_2^{(l)}$ à l'onde singulière. L'allure à l'infini de $a_l(\rho)$ conduit à la quantification de $\varkappa/2\sigma$. Les valeurs propres de B sont alors

$$B_1 = 2m\omega\hbar\left(2n_1 + l_1 + \frac{3}{2}\right); \qquad B_2 = 2m\omega\hbar\left(2n_2 - l_2 + \frac{1}{2}\right).$$

Mais le choix de la valeur propre B détermine la phase S. Par suite, pour qu'il y ait guidage par une phase commune, il faut que l'on ait $B_1 = B_2 = B$, ce qui conduit à poser $2n_1 + l_1 = 2n_2 - l_2 - 1 = N$ entier positif. On obtient alors la solution générale

1° Pour N pair :

$$a(\rho) = e^{-\frac{\sigma\rho^2}{2}}\left[\sum_{s=0}^{\frac{N}{2}} C_1^{(s)} \rho^{2s} {}_1F_1\left(-\left(\frac{N}{2}-s\right);\ 2s+\frac{3}{2};\ \sigma\rho^2\right)\right.$$
$$\left.+\sum_{s=0}^{\infty} C_2^{(s)} \rho^{-(2s+2)} {}_1F_1\left(-\left(\frac{N}{2}+s+1\right);\ -\left(2s+\frac{1}{2}\right);\ \sigma\rho^2\right)\right].$$

2° Pour N impair :

$$a(\rho) = e^{-\frac{\sigma\rho^2}{2}}\left[\sum_{s=0}^{(N-1)/2} C_1^{(s)} \rho^{2s+1} {}_1F_1\left(-\left(\frac{N-2s-1}{2}\right);\ 2s+\frac{5}{2};\ \sigma\rho^2\right)\right.$$
$$\left.+\sum_{s=0}^{\infty} C_2^{(s)} \rho^{-(2s+1)} {}_1F_1\left(-\left(\frac{N+2s+1}{2}\right);\ -2s+\frac{1}{2};\ \sigma\rho^2\right)\right].$$

Si nous rejetons l'hypothèse $\Delta S = 0$ et si nous cherchons une solution pour laquelle $\Delta S = \text{const.}$, posant $S = S_0(t) - \Sigma S_j(t) x_j - m\alpha(x^2+y^2+z^2)$, nous sommes conduits à la solution $a(x, y, z, t) = e^{-3\alpha(t-t_0)} f(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$ avec

$$\lambda_j = x_j - \varphi_j(t), \qquad m\varphi'_j(t) = S_j(t) + 2m\alpha\varphi_j(t).$$

Nous retrouvons pour $A_j = 0$, les trajectoires classiques

$$\varphi_j(t) = R_j \cos[\omega(t-t_0) - \beta_j] \qquad \text{avec} \quad \omega^2 = \frac{2k}{m},$$

mais l'équation (4) est remplacée par

$$\hbar^2 \Delta_\lambda f(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) + [B - 2mK\Sigma(\lambda_j)^2] f(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = 0$$

avec $k + 2m\alpha^2 = K$. Les valeurs propres de B acceptables sont alors

$$B = 2\hbar(2mk + 4m^2\alpha^2)^{\frac{1}{2}}\left[N + \frac{3}{2}\right].$$

Mais — B représente la valeur constante du potentiel quantique sur la trajectoire. Il en résulte que pour B donné arbitrairement seules seront permanentes les fonctions d'ondes correspondant aux valeurs de B de la forme

$$B = 2\hbar(2mk)^{\frac{1}{2}}\left[N + \frac{3}{2}\right].$$

ACOUSTIQUE. — *Rayonnement sonore des solides vibrants d'après la théorie cinétique des gaz*. Note de MM. **Vladimir Gavreau** et **Albert Calaora**, présentée par M. Jean Cabannes.

La surface d'un solide vibrant n'est pas assimilable à une surface d'onde du son émis, car les molécules du gaz en état d'agitation thermique traversent les surfaces d'onde mais ne traversent pas celle d'un solide. Ainsi, dans le voisinage immédiat du solide vibrant, les « vitesses des particules » dans l'onde sonore peuvent ne pas être égales à celles du solide vibrant sinusoïdalement (émettant un son pur sinusoïdal). Le calcul montre que ces vitesses sont inférieures à celle du solide émetteur.

Soient (*fig.* 1), M la masse d'un piston (de diamètre grand par rapport à la longueur d'onde de son émis, ou bien se déplaçant dans un tube), V sa vitesse, m la masse d'une molécule, du gaz et u sa vitesse. Après le choc, la nouvelle vitesse de la molécule est $u' = [(m - M)u + 2MV]/(M + m) = -u + 2V$, en négligeant m devant M, la vitesse V étant la vitesse réellement mesurée du piston.

Ainsi, *un accroissement de vitesse égal au double de la vitesse du piston est communiqué à toutes les molécules qui viennent le frapper*. Dans le cas d'un choc oblique (*fig.* 2), la vitesse 2V s'ajoute à la composante normale u_n, tandis que la composante tangentielle u_t reste inchangée (nous négligeons la viscosité).

Parmi les molécules du gaz se trouvant dans le voisinage de la surface du piston, considérons l'ensemble de celles (1, 2, 3, 4, etc.) qui, au cours d'une seconde vont toucher 1 cm² de sa surface (*fig.* 3). Ces molécules sont très nombreuses et animées de mouvement d'agitation complètement désordonné (car c'est seulement après des millions de chocs avec d'autres molécules qu'elles prendront les vitesses qui les amèneront en contact avec le solide). Le centre de gravité de cet ensemble est donc avant le premier choc immobile par rapport à l'atmosphère ambiante. A chacune de ces molécules, le choc avec le piston communique une composante de vitesse supplémentaire, normale à la surface du piston et égale à 2 V.

Si cet accroissement de vitesse était communiqué simultanément à toutes les molécules, le centre de gravité de leur ensemble aurait acquis une vitesse 2 V, totale, ce qui correspond à un accroissement $(1/2) M_1 (2V)^2$ de leur énergie cinétique totale, M_1 désignant leur masse totale.

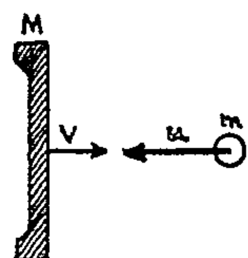


Fig. 1.

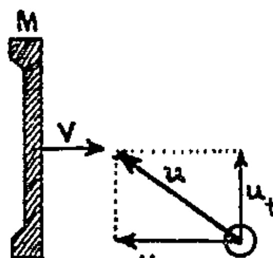
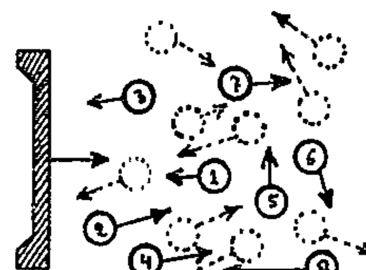


Fig. 2.


Fig. 3.

Le fait que cette énergie cinétique n'est pas communiquée simultanément à toutes ces molécules, mais progressivement, ne modifie pas sa valeur totale.

La masse M_1 des molécules venant frapper 1 cm² du solide vibrant est sensiblement la même que celle qui frappe 1 cm² d'un solide immobile, car la vitesse V du solide est toujours très inférieure à la vitesse efficace u_{eff} d'agitation thermique des molécules. Les formules connues de la théorie cinétique des gaz donnent :

$$(1)\qquad M_1 = n_1 m = \frac{n u_{\text{eff}} m}{\sqrt{6\pi}} = \frac{n u_{\text{eff}} M}{\sqrt{6\pi}\, N} = \frac{1}{22400}\,\frac{M u_{\text{eff}}}{\sqrt{6\pi}},$$

Où n_1 est le nombre de molécules venant frapper 1 cm² pendant 1 s, n le nombre de molécules par centimètre cube, M la masse moléculaire et N le nombre d'Avogadro.

Or

$$(2)\qquad u_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} \qquad (R = 8{,}315 . 10^{-7};\ T = \text{température absolue}).$$

Portons cette valeur dans (1), il vient

$$(3)\qquad M_1 = \frac{1}{22\,400}\sqrt{\frac{RTM}{2\pi}}.$$

Or, *dans le cas d'un gaz monoatomique* l'intensité du son émis par un piston vibrant sinusoïdalement avec une vitesse $v = V \sin\omega t$ est l'énergie communiquée par un centimètre carré de sa surface aux molécules du gaz qui le frappent, soit

$$I = \frac{1}{2} M_1 \int_{t=0}^{t=1\,s} (2V \sin\omega t)^2\, dt = 2 M_1 V^2$$

$$\left(\text{car la période } \frac{2\pi}{\omega} \text{ est petite par rapport } 1\text{ s}\right).$$

Donc

$$(4)\qquad I = \frac{2}{22\,400}\sqrt{\frac{RTM}{2\pi}}\, V^2 = 0{,}3248\sqrt{MT}\, V^2.$$

Dans le cas d'un gaz polyatomique, les chocs contre le piston communiquent aux molécules à la fois un mouvement de translation et un mouvement de rotation et seul le mouvement de translation correspond à la pression, donc à l'intensité acoustique. En raison du principe de l'équipartition, on a alors :

$$I = 0,3248 \frac{3}{M c_v} \sqrt{MT}\, V^2 = \frac{0,974}{c_v} \sqrt{\frac{T}{M}}\, V^2. \qquad (5)$$

Où c_v est la chaleur spécifique du gaz à volume constant, T la température absolue et M la masse moléculaire du gaz.

Application numérique. — Dans le cas de l'air, $c_v = 0,173$; à 20° C $T = 293$ et $M = 28,95$; on trouve $I = 17,95\, V^2$ tandis que la théorie basée sur l'assimilation du gaz à un fluide continu donne : $I = (1/2)\rho c V^2 = (1/2)\, 41\, V^2 = 20,5\, V^2$. *Ainsi l'intensité du son émis par un piston n'est que* 87,6 % *de celle habituellement admise.*

Vérification expérimentale indirecte. — D'après Lord Rayleigh [1] le rapport entre la pression de radiation et l'intensité du son dans l'air est : $K = 1,2$. Connaissant : 1° l'amplitude de la vibration d'un piston (au moyen d'un microscope); 2° sa fréquence de vibration; 3° la pression de radiation (balance de précision) et utilisant avec ces données la formule proposée (5) nous avons trouvé $k = 1,19$.

SEMI-CONDUCTEURS. — *Sur l'influence de la recombinaison en surface sur le gain en courant du transistor à jonction.* Note [*] de M. **Jacques Laplume**, présentée par M. Louis de Broglie.

La théorie classique [1] du transistor à jonction ignore la recombinaison en surface. Nous avons montré, dans une Note précédente [2], que la recombinaison en surface avait une influence importante, et parfois prépondérante, sur le courant inverse des redresseurs à jonction *p-n*. Ce résultat nous a incité à reprendre la théorie du transistor à jonctions planes en tenant compte de la recombinaison en surface.

Nous raisonnerons sur le modèle représenté sur la figure 1. La base a la forme d'un disque circulaire de rayon R et d'épaisseur l. Soit p la concentration des porteurs minoritaires dans la région intermédiaire, supposée de conductivité du type n, p_n la concentration d'équilibre, D la constante de diffusion, τ la durée de vie en volume, $L = \sqrt{D\tau}$ la longueur de diffusion. p vérifie l'équation

(1) *Phil. Mag.*, 6e série, **10**, (2), 1906, p. 364 à 374.

(*) Séance du 8 novembre 1954.

(1) *Bell Syst. Tech. J.*, **283**, 1949, p. 473.

(2) *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 1126.

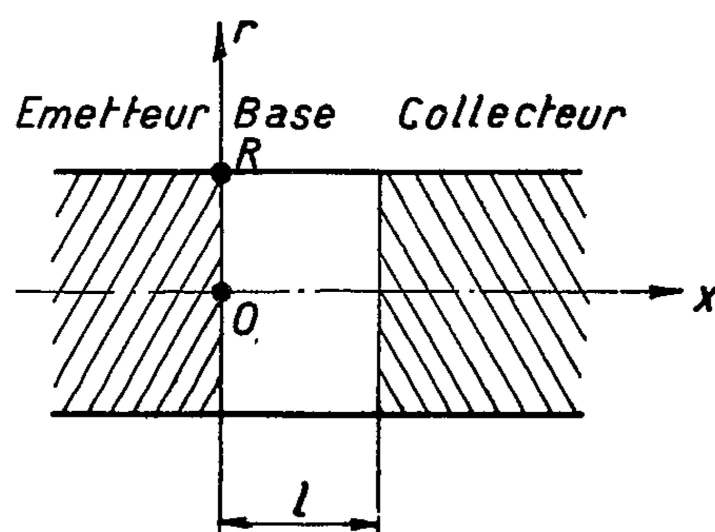
classique

$$\nabla p + \frac{p - p_n}{L^2} = 0. \tag{1}$$

A la surface libre de la base ($r = R$), le courant de diffusion équilibre la recombinaison en surface :

$$-D\frac{\partial p}{\partial r} = s(p - p_n), \tag{2}$$

où s est la vitesse de recombinaison en surface. Dans le plan $x = 0$ (jonction émetteur-base), p prend une valeur constante p_0 imposée par la tension



appliquée entre émetteur et base. Dans le plan $x = l$, p est pratiquement nul en raison de la forte polarisation négative du collecteur. Ces conditions déterminent entièrement le problème.

Les courants d'émetteur I_e et de collecteur I_c se calculent par la formule

$$I_e \quad \text{ou} \quad I_c = -e\int_0^R D\frac{\partial p}{\partial x}\,2\pi r\,dr, \tag{3}$$

$\partial p/\partial x$ étant pris pour $x = 0$ et $x = l$ respectivement. On en déduit alors le gain en courant α par la formule

$$\alpha = \frac{\dfrac{\partial I_c}{\partial p_0}}{\dfrac{\partial I_e}{\partial p_0}}. \tag{4}$$

Le calcul s'effectue comme dans la Note précitée ([2]). Seules diffèrent les conditions aux limites. Le résultat est le suivant :

$$\alpha = \frac{\Sigma C_n}{\Sigma C_n \operatorname{Ch} a_n l} \tag{5}$$

où

$$C_n = \frac{u_n}{\operatorname{Sh}(a_n l)\, u_n^2\left[1 + \left(\dfrac{u_n}{\sigma}\right)^2\right]},$$

$$\sigma = \frac{sR}{D}, \qquad a_n = \sqrt{\frac{1}{L^2} + \left(\frac{u_n}{R}\right)^2},$$

et les u_n sont les racines positives de l'équation

$$\frac{u_n}{\sigma} = \frac{J_0(u_n)}{J_1(u_n)},$$

où les J désignent les fonctions de Bessel régulières à l'origine.

Cas limite. — Lorsque σ et l/L sont très petits, condition requise pour obtenir une valeur élevée de α, on peut ne retenir dans la série (5) que le premier terme prépondérant. On obtient alors

$$(6) \qquad \alpha = \operatorname{Sech}\left[l\sqrt{\frac{1}{L^2} + \left(\frac{2s}{RD}\right)} \right].$$

Ici encore, la recombinaison en surface est prépondérante lorsque $(2s\tau/R) > 1$.

La théorie se généralise aisément au cas où les courants sont des fonctions sinusoïdales du temps. En régime permanent, il suffit de remplacer, dans les formules écrites plus haut, $1/L^2$ par $(1 + 2\pi j f\tau)/L^2$, où f est la fréquence des courants.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Distributions superficielles de charges fixes et vecteur de Poynting dans un système de courants volumiques permanents.* Note (*) de M. **Émile Durand**, présentée par M. Louis de Broglie.

Considérons le conducteur hachuré de la figure, compris entre deux cylindres d'axe O et de rayon a et b $(b > a)$. Supposons que la force électromotrice $\mathcal{E}$ soit la même pour toutes les lignes de courant, localisée sur une bande infiniment mince de largeur AB, la résistance intérieure de ce générateur étant nulle.

Cette f. é. m. va faire apparaître des charges fixes qui produiront un potentiel V et un champ électrique $\vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}}\,V$; la loi d'Ohm $\vec{i} = \gamma\vec{E}$ donne les lignes de courant. Ces dernières doivent être fermées et par raison de symétrie elles ne peuvent être que des circonférences. Il est facile de voir que les potentiels qui correspondent à ce système sont les suivants :

$$(1) \qquad \begin{cases} V_1 = -\dfrac{\mathcal{E}}{2\pi} 2\alpha & (-\pi < 2\alpha < \pi \text{ quand } r < a), \\ V = -\dfrac{\mathcal{E}}{2\pi} \theta & (-\pi < \theta < \pi \quad \text{»} \quad a < r < b), \\ V_2 = -\dfrac{\mathcal{E}}{2\pi} 2\beta & (-\pi < 2\beta < \pi \quad \text{»} \quad r > b). \end{cases}$$

En effet les fonctions α, θ, β sont des solutions de l'équation de Laplace à deux variables. De plus les potentiels V_1, V, V_2 sont continus à la traversée des circonférences de rayon a et b. Dans le conducteur la loi d'Ohm donne

$$(2) \qquad i_\theta = -\frac{\gamma}{r}\frac{\partial V}{\partial \theta} = \frac{\gamma\mathcal{E}}{2\pi r}, \qquad i_r = 0$$

(*) Séance du 3 novembre 1954.

et les lignes de courant sont bien tangentes à des circonférences d'axe O. Le potentiel est discontinu pour $\theta = \pm \pi$; il y a donc une couche double sur AB et le rôle de la f. é. m. est de faire passer le courant en sens inverse du champ électrique à l'intérieur de cette couche double. Il faut bien noter que l'on a $\oint \vec{E}.\vec{dl} = 0$; on le voit clairement avec une couche double non infiniment mince, mais on peut conserver cette propriété à la limite par une fonction singulière donnant une circulation du champ finie à la traversée de la couche [1].

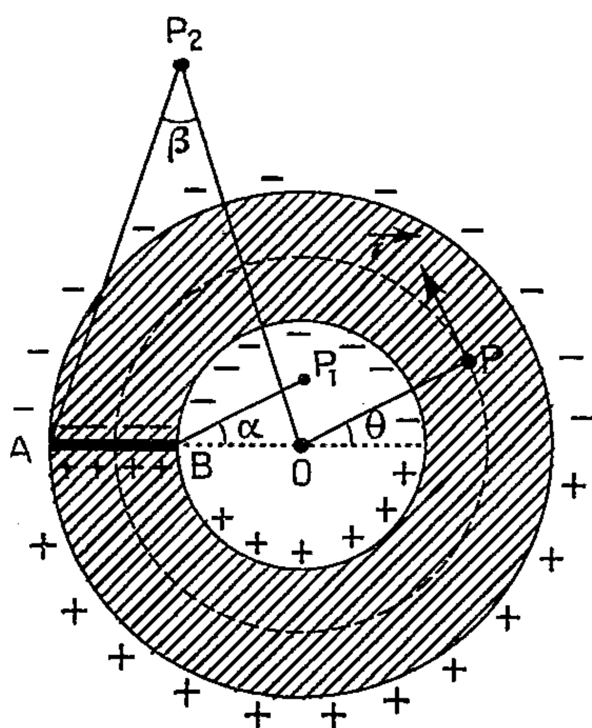


Fig. 1.

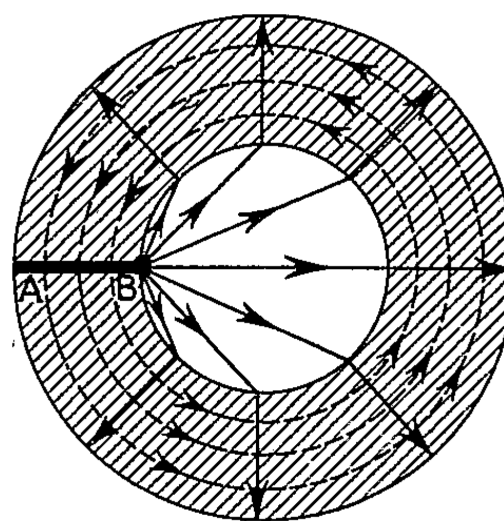


Fig. 2.

Les dérivées normales du potentiel intérieur V sont nulles pour $r = a$ et $r = b$; on a donc les charges superficielles par les dérivées normales de V_1 et V_2, soit

$$(3)\qquad \begin{cases} \sigma_1 = -\varepsilon_0 \dfrac{\partial V_1}{\partial n} = \varepsilon_0 \left(\dfrac{\partial V_1}{\partial r}\right)_{r=a} = -\dfrac{\varepsilon_0 \mathcal{E}}{2\pi} \dfrac{\operatorname{tg}(\theta/2)}{a}; \\ \sigma_2 = -\varepsilon_0 \dfrac{\partial V_2}{\partial n} = -\varepsilon_0 \left(\dfrac{\partial V_2}{\partial r}\right)_{r=b} = -\dfrac{\varepsilon_0 \mathcal{E}}{2\pi} \dfrac{\operatorname{tg}(\theta/2)}{b}. \end{cases}$$

On voit que ces densités deviennent infinies pour $\theta = \pm \pi$. D'ailleurs la charge positive superficielle Q de l'unité de longueur du cylindre est infinie; mais si l'on calcule le moment dipolaire de ces distributions par unité de longueur, on trouve une valeur finie.

L'intensité dI qui passe entre deux circonférences de rayon r et $r + dr$ sur une hauteur unité est $dI = i_0\, dr$; on a aussi $dS = 1\, dr$, d'où

$$(4)\qquad I = \frac{\gamma \mathcal{E}}{2\pi} \operatorname{Log}\left(\frac{b}{a}\right).$$

---

(1) *Voir* E. Durand, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1394.

Le calcul de la résistance R d'une hauteur de conducteur égale à l'unité ne présente pas de difficultés et donne

$$R = \frac{2\pi}{\gamma} \frac{1}{\text{Log}(b/a)}. \tag{5}$$

C'est la résistance entre $\theta = -\pi$ et $\theta = \pi$, mais comme nous avons supposé que la résistance intérieure du générateur infiniment mince était nulle, il en résulte que c'est aussi la résistance totale du circuit. En comparant (4) et (5), on en déduit $I = (\mathcal{E}/R)$, ce qui est la loi d'Ohm pour un circuit fermé.

L'induction magnétique B est normale au plan de la feuille et, dans le conducteur, elle a pour valeur

$$B = \frac{\mu_0 \gamma \mathcal{E}}{2\pi}\left(\frac{b}{r} - 1\right). \tag{6}$$

Elle est donc nulle quand $r = b$ et elle le demeure partout à l'extérieur $(r > b)$. A l'intérieur, elle conserve une valeur constante égale à la valeur (6) pour $r = a$. La diminution de l'énergie potentielle des charges électriques qui constituent le courant par unité de volume est $(\vec{i}.\vec{E})$ et elle peut s'écrire de plusieurs autres manières en introduisant soit le vecteur $\vec{i}.V$, soit le vecteur de Poynting $\vec{\mathfrak{T}} = \mu_0^{-1}[\vec{E} \times \vec{B}]$; on a en effet

$$(\vec{i}.\vec{E}) = -\operatorname{div}(\vec{i}.V) = -\operatorname{div}\vec{\mathfrak{T}}. \tag{7}$$

Suivant que l'on utilise $\vec{i}.V$ ou $\vec{\mathfrak{T}}$, les lignes de propagation de l'énergie sont très différentes. La figure 2 représente en pointillés les lignes tangentes à $\vec{i}.V$ et en trait plein les lignes tangentes à $\vec{\mathfrak{T}}$. Dans les deux cas l'énergie sort du générateur; mais avec $\vec{\mathfrak{T}}$ elle se propage en partie dans le vide, pénètre dans le conducteur par le cylindre intérieur $r = a$ et $\vec{\mathfrak{T}}$ s'annule sur $r = b$. Ces lignes tangentes à $\vec{\mathfrak{T}}$, coïncident d'ailleurs avec les lignes équipotentielles. Avec le vecteur $\vec{i}.V$, l'énergie ne sort plus par la tranche de la bande AB mais par toute sa face positive et se propage le long des lignes de courant. Ce dernier circuit paraît plus naturel que le précédent. Les vecteurs $\vec{E}$ et $\vec{B}$ qui interviennent dans la définition du vecteur $\vec{\mathfrak{T}}$ n'ont pas les mêmes « sources » et c'est sans doute à cause de cela que l'on ne peut attribuer à $\vec{\mathfrak{T}}$ un véritable sens physique.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Distorsion harmonique des guides d'ondes, en modulation de fréquence sinusoïdale.* Note de M. **Louis Robin**, présentée par M. Henri Villat.

On donne : 1° La formule qui permet le calcul de la distorsion harmonique, en modulation de fréquence sinusoïdale, dans le cas de guides d'ondes cylindriques, de conductibilité parfaite et de section quelconque. 2° Les résultats du calcul numérique de cette distorsion, pour un exemple pratique.

Nous considérons un guide radioélectrique, cylindrique, de section quelconque, limité par un métal infiniment conducteur. La propagation fait intervenir un indice :

(1) $$\nu = \sqrt{1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}},$$

où ω est la pulsation de l'onde transmise et ω_0 celle de coupure du guide, pour le mode choisi.

La vitesse de phase est :

(2) $$u = \frac{c}{\nu} = \frac{c}{\sqrt{1 - \frac{\omega_0^2}{\omega^2}}},$$

où c est la vitesse de la lumière dans le vide.

Un signal $e^{i\omega t}$, à l'entrée du guide, devient, après le parcours z :

(3) $$e^{i\omega\left(t - \frac{z}{u}\right)} = e^{i\omega(t - \nu\tau)} = e^{i\left(\omega t - \tau\sqrt{\omega^2 - \omega_0^2}\right)},$$

avec

(4) $$\tau = \frac{z}{c}.$$

Dans ce qui suit, nous supposons $\omega_0 < \omega$ et adaptons les notations d'un article antérieur (1).

Un signal, modulé en fréquence suivant une loi sinusoïdale, s'écrit

(5) $$e^{i(\omega t + m \sin \alpha t)}.$$

Ce signal, après le même parcours, $z = c\tau$, devient (2)

(6) $$U = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} J_n(m)\, a(\lambda + n)\, e^{i(\lambda+n)x},$$

(1) L. Robin, *Ann. Télécommun.*, 7, 1952, p. 459-465.

(2) *Loc. cit.* formule (2.7), p. 460.

avec, ici,

$$a(\lambda) = e^{-i\tau\sqrt{\lambda^2\alpha^2-\omega_0^2}}; \tag{7}$$

les J_n sont les fonctions de Bessel classiques.

Posons

$$\frac{\omega_0}{\alpha} = \lambda_0, \qquad \alpha\tau = \mu. \tag{8}$$

Il vient

$$a(\lambda) = e^{-i\mu\sqrt{\lambda^2-\lambda_0^2}} = b(\lambda) + ic(\lambda) = \cos\left(\mu\sqrt{\lambda^2-\lambda_0^2}\right) - i\sin\left(\mu\sqrt{\lambda^2-\lambda_0^2}\right). \tag{9}$$

L'argument $\Phi(x)$ de $Ue^{-i\Omega x}$ est donné par (3)

$$\operatorname{tg}\Phi(x) = \frac{\displaystyle\sum_{n=-\infty}^{+\infty} J_n(m)\sin\left[nx - \mu\sqrt{(\lambda+n)^2-\lambda_0^2}\right]}{\displaystyle\sum_{n=-\infty}^{+\infty} J_n(m)\cos\left[nx - \mu\sqrt{(\lambda+n)^2-\lambda_0^2}\right]}. \tag{10}$$

Il a été fait une application numérique de (10), correspondant à des données expérimentales, guide circulaire de rayon $R = 3{,}825$ cm, de longueur $L = 3$ km; mode $H_{0,1}$ pour lequel la longueur d'onde de coupure est $l_0 = 1{,}64\,R$; fréquence de modulation 7,5 Mc/s; fréquence porteuse $3{,}5 \times 10^4$ Mc/s; indice de modulation 1,5.

A ces données, correspondent les valeurs suivantes des quatre paramètres de (10):

$$m = 1{,}5, \qquad \mu = 150, \qquad \lambda = 5.10^3, \qquad \lambda_0 = 638.$$

L'analyse harmonique de $\Phi(x)$:

$$\Phi(x) = A_0 + \sum_{p=1}^{\infty} A_p \sin(px - \varphi_p) \tag{11}$$

nous a donné (4)

$$A_1 = -85{,}943; \qquad A_2 = 0{,}051; \qquad |A_3|, \quad |A_4|, \quad |A_5|, \quad \ldots, \quad < 0{,}0001;$$

$$\left|\frac{A_2}{A_1}\right| = 0{,}000\,593, \qquad \text{soit} \quad -64 \text{ db};$$

$$\left|\frac{A_3}{A_1}\right|, \quad \left|\frac{A_4}{A_1}\right|, \quad \ldots, \quad < 10^{-6}, \qquad \text{soit} \quad -120 \text{ db}.$$

La distorsion harmonique correspondante est donc faible.

---

(3) *Loc. cit.* formule (2.10), p. 460.

(4) Ces calculs ont été faits par le Laboratoire de Calcul de l'Institut Poincaré, sous la direction de M. Erokhine.

SPECTROSCOPIE. — *Spectre infrarouge et structure des acides adényliques.* Note de MM. **Henri Lenormant** et **Elkan R. Blout**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié le spectre infrarouge des acides adényliques α et β de levure et de l'acide adénylique du muscle à l'état sec et en solution, selon une technique décrite précédemment ([1]).

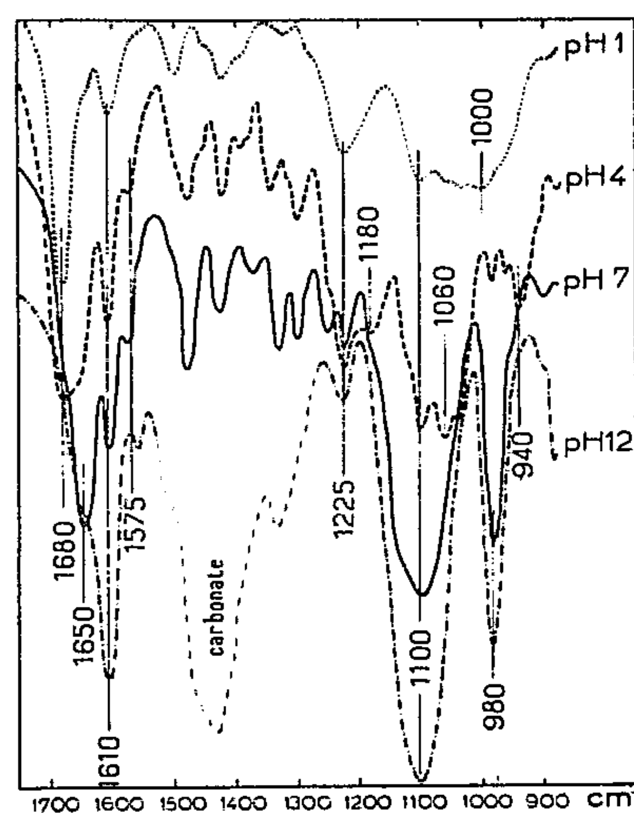
Tous ces acides présentent deux groupes de bandes principales. Le premier, compris entre 1 700 et 1 550 cm^{-1}, est dû au noyau de l'adénine. Le second, situé entre 1 300 et 850 cm^{-1}, correspond essentiellement à la portion phospho-glucidique de la molécule ([2]), ([3]), ([4]), ([5]). Ces deux groupes de bandes subissent d'importantes variations en fonction du pH.

1. *Région de* 1 700 *à* 1 550 cm^{-1}. — Dans la région d'absorption de l'adénine (1 700 à 1 550 cm^{-1}), à l'état sec, on peut décrire trois types de spectres (*fig.* 1).

Type I (pH 1) : bandes à 1 680 cm^{-1} (F) et 1 610 cm^{-1} (af).

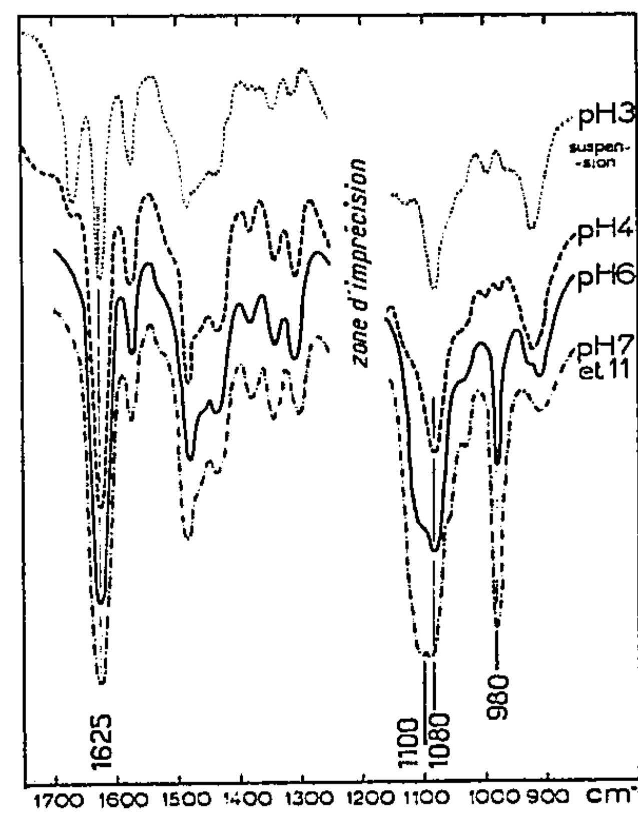
Type II (pH 7) : bandes à 1 650 cm^{-1} (F), 1 610 cm^{-1} (aF) et 1 575 cm^{-1} (f).

Type III (pH 12) : bandes à 1 610 cm^{-1} (F) et à 1 575 cm^{-1} (af).



ACIDE 5-ADENYLIQUE
état sec

Fig. 1.



ACIDE 5-ADENYLIQUE
solution dans D_2O

Fig. 2.

([1]) Blout et Lenormant, *J. Opt. Soc. Am.*, 43, 1953, p. 1093.

([2]) Blout et Fields, *Science*, 107, 1948, p. 252; *J. Biol. Chem.*, 178, 1949, p. 335; *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 479.

([3]) Meyrick et Thompson, *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 225.

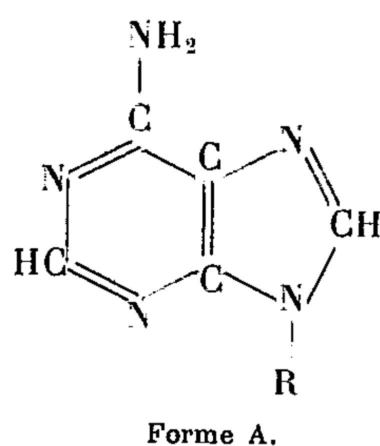
([4]) Gore, *Discussion Far. Soc.*, 1950, p. 138.

([5]) Browlie, Sutherland et Todd, *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 2265.

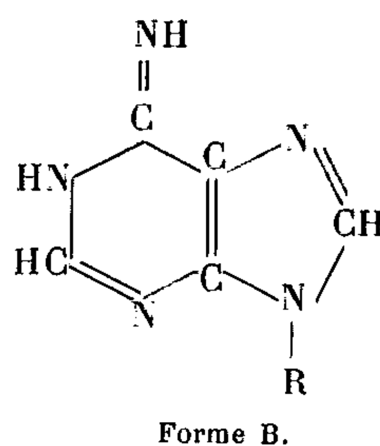
En solution (*fig.* 2), dès pH 4, le spectre observé est du type III, avec un très léger déplacement de la bande 1 610 cm^{-1}, qui passe à 1 625 cm^{-1}. A pH 3, on note la présence d'une bande vers 1 668 cm^{-1} qui correspond à la bande 1 680 cm^{-1} de l'état solide (spectre type I). Il n'est pas possible d'examiner les acides adényliques au-delà de pH 3, car, à la concentration utilisée (10 %), ils précipitent à partir de pH 2,5. A aucun pH, on ne rencontre en solution le spectre du type II.

On peut admettre que la bande 1 625 cm^{-1} (spectre type III) est caractéristique du noyau adénine non chargé, parce qu'elle apparaît dans l'échelle croissante des pH à la valeur où l'on titre la fonction basique de ce noyau [pK = 3,7 (6)]. Inversement, le spectre du type I que l'on rencontre en milieu très acide, est propre à la base purique ionisée.

Les variations de fréquence observées indiquent un changement de structure affectant la répartition des doubles liaisons à l'intérieur du noyau purique. Ces structures tautomères peuvent être du type classique :



Forme A.



Forme B.

Il est probable que le spectre dont les bandes sont de fréquence plus basses (type III) est dû à la forme où la conjugaison est la plus forte (forme A).

Le spectre du type II, qui n'apparaît pas en solution, est donc conditionné par l'état solide. Il est vraisemblable que les forces de cohésion intermoléculaires jouent un rôle important dans son apparition.

2. *Région de* 1 300 *à* 850 *cm*$^{-1}$. — Dans la région d'absorption de la partie phospho-glucidique (1 300 à 850 cm^{-1}), la courbe obtenue à l'état solide se présente également sous trois aspects différents : (*fig.* 1).

Type I (pH 1) : bandes à 1 225 cm^{-1} et entre 1 150 et 950 cm^{-1} (TF).

Type II (pH 4) : bandes à 1 225 cm^{-1} (F) et 1 180 cm^{-1} (M), à 1 060 cm^{-1} (large TF) et à 940 cm^{-1} (M).

Type III (pH 7) : bandes à 1 100 cm^{-1} (F) avec épaulement à 1 130 cm^{-1} et à 980 cm^{-1} (F).

---

(6) Rebuffat, *Symposium sur les protéines* (Liége, 1946), Masson, Paris, *Détermination de la structure du thymonucléate de sodium*, p. 157.

Ces trois types de spectres correspondent à trois états différents du groupe phosphate : diacide libre (pH 1), — sel mono-ionique (pH 4), — sel di-ionique (pH 7). Ils permettent éventuellement d'identifier chacun de ces états et témoignent des modifications de structure provoquées par la neutralisation des fonctions acides.

En solution dans D_2O, la région de 1 225 cm^{-1} ne peut être étudiée, parce que l'eau lourde présente une forte bande dans cette zone. Entre pH 3 et pH 11, les bandes comprises entre 1 175 cm^{-1} et 850 cm^{-1} sont semblables à celles observées à l'état sec aux mêmes pH (*fig.* 2). On doit noter toutefois quelques petites différences entre l'état solide et l'état dissous ; en particulier pour la bande 1 060 cm^{-1} du sel mono-iodique, qui est à 1 080 cm^{-1} pour la solution.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Calcul des susceptibilités et anisotropies magnétiques moléculaires en fonction de susceptibilités et anisotropies monoélectroniques.* Note de MM. **Jacques Tillieu** et **Jean Guy**, présentée par M. Jean Cabannes.

1. En se bornant aux molécules à fonction propre d'espace ψ_0 réelle et à spin total nul, l'application de la méthode des orbitales moléculaires permet une séparation de l'équation établie pour le calcul du tenseur χ des susceptibilités (1). On pose

$$\psi_0(1, 2, \ldots, n) = \varphi_{10}(1)\varphi_{20}(2), \ldots, \varphi_{n0}(n) \tag{1}$$

φ_{k0} représentant la $k^{\text{ième}}$ orbitale en l'absence de champ et les nombres 1, 2, ..., n, symbolisant les $3n$ coordonnées des électrons.

Une méthode analogue à celle utilisée pour le calcul des polarisabilités électriques (2) permet de définir un tenseur partiel χ_k pour chaque orbitale k, de composantes

$$\chi_{ku\nu} = -\frac{e^2}{4mc^2}\int\left[\vec{r}_k^{\,2}\,\delta_{u\nu} - u_k\nu_k\right]\varphi_{k0}^2\,d\tau_k + \frac{h^2}{4\pi^2 m}\int\left[\overrightarrow{\text{grad}}\,g_{ku}\cdot\overrightarrow{\text{grad}}\,g_{k\nu}^{*}\right]\varphi_{k0}^2\,d\tau_k \tag{2}$$

où $\vec{g}_k$ est le vecteur imaginaire pur satisfaisant aux équations

$$\frac{4\pi^2 e}{h^2 c}\mathrm{M}_{uk}\varphi_{k0} + \varphi_{k0}\,\Delta g_{ku} + 2\,\overrightarrow{\text{grad}}\,\varphi_{k0}\cdot\overrightarrow{\text{grad}}\,g_{ku} = 0 \tag{3}$$

et tel que la fonction $\varphi_{k0}(1 + \vec{\mathcal{H}}\cdot\vec{g}_k)$ soit de carré sommable.

Le tenseur moléculaire χ des susceptibilités se déduit des tenseurs partiels χ_k par additivité

$$\chi_{u\nu} = \sum_k \chi_{ku\nu} \tag{4}$$

(1) J. Tillieu et J. Guy, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1203.

(2) J. Guy et M. Harrand, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 716.

II. Les équations (2) et (3) ont l'avantage d'être relativement simples et valables dans un système de coordonnées quelconques. L'invariance des composantes des tenseurs χ et χ_k lors d'une translation du système de coordonnées découle de l'invariance de jauge de l'équation de Schrödinger [3]. Pour la k^e orbitale, soient x_k, y_k, z_k, les coordonnées par rapport au centre de gravité électronique et x'_k, y'_k, z'_k les coordonnées par rapport à un nouveau système d'axes se déduisant de l'ancien par la translation $\vec{R}_k$. Si l'on utilise respectivement les potentiels-vecteurs

$$\vec{A}_k = \frac{1}{2}\vec{\mathcal{H}} \wedge \vec{r}_k, \qquad \vec{A}'_k = \frac{1}{2}\vec{\mathcal{H}} \wedge \vec{r}'_k = \frac{1}{2}\vec{\mathcal{H}} \wedge (\vec{r}_k - \vec{R}_k)$$

tels que $\vec{A}'_k = \vec{A}_k + \overrightarrow{\text{grad}\,\Phi}$ en posant $\Phi = -(1/2)\vec{\mathcal{H}}(\vec{R}_k \wedge \vec{r}_k)$, par suite de la transformation de jauge, ψ devient

$$\psi' = \psi e^{+\frac{2\pi i e}{hc}\Phi} = \psi\left[1 - \frac{\pi i e}{hc}\vec{\mathcal{H}}(\vec{R}_k \wedge \vec{r}_k)\right] \tag{5}$$

en se limitant aux termes du premier ordre en $\vec{\mathcal{H}}$. Le vecteur $\vec{g}_k$ solution pour le premier système d'axes se transforme en $\vec{g}'_k = \vec{g}_k - (\pi ie/hc)\vec{R}_k \wedge \vec{r}_k$ pour le deuxième système. Le calcul des composantes du tenseur χ'_k donne

$$\begin{aligned}\chi'_{kuv} = & -\frac{e^2}{4mc^2}\int\left[(\vec{r}_k - \vec{R}_k)^2 \delta_{uv} - (u_k - R_{ku})(v_k - R_{kv})\right]\varphi_{k0}^2\, d\tau_k \\ & + \frac{h^2}{4\pi^2 m}\int \overrightarrow{\text{grad}}\left[g_{ku} - \frac{\pi ie}{hc}(\vec{R}_k \wedge \vec{r}_k)_u\right]\overrightarrow{\text{grad}}\left[g^*_{kv} + \frac{\pi ie}{hc}(\vec{R}_k \wedge \vec{r}_k)_v\right]\varphi_{k0}^2\, d\tau_k \\ = & \ \chi_{kuv} + \frac{ihe}{4\pi mc}\int\left[\overrightarrow{\text{grad}}\, g_{ku}\, \overrightarrow{\text{grad}\,(\vec{R}_k \wedge \vec{r}_k)_v} + \overrightarrow{\text{grad}}\, g_{kv}\, \overrightarrow{\text{grad}\,(\vec{R}_k \wedge \vec{r}_k)_u}\right]\varphi_{k0}^2\, d\tau_k.\end{aligned} \tag{6}$$

En intégrant par parties et en tenant compte de [3],

$$\begin{aligned}\int \overrightarrow{\text{grad}}\, g_{ku}\, \overrightarrow{\text{grad}}\,(\vec{R}_k \wedge r_k)_v \varphi_{k0}^2\, d\tau_k = & -\int(\vec{R}_k \wedge \vec{r}_k)_v\left[\varphi_{k0}^2 \Delta g_{ku} + 2\varphi_{k0}\overrightarrow{\text{grad}}\,\varphi_{k0}\,\overrightarrow{\text{grad}}\, g_{ku}\right]d\tau_k \\ = & +\frac{4\pi^2 e}{h^2 c}\int(R_k \wedge r_k)_v \varphi_{k0} M_{uk}\varphi_{k0}\, d\tau_k.\end{aligned} \tag{7}$$

Comme M_{uk} est hermitique et imaginaire pur, cette dernière intégrale est nulle. Par suite $\chi'_{kuv} = \chi_{kuv}$ (démonstration analogue pour le tenseur total χ).

3. — Pour les molécules ne comportant que des électrons σ, l'anisotropie magnétique totale peut se déduire des anisotropies des orbitales et de la géométrie de la molécule. Les calculs sont identiques à ceux indiqués pour les anisotropies électriques (2). En définissant l'anisotropie magnétique moléculaire

---

(3) *Cf.* par exemple E. C. Kemble, *The fundamental principles of Quantum mechanics*, Mc Graw Hill, edit., 1937, p. 29.

$\Delta\chi$ par

[8] $$(\Delta\chi)^2 = \frac{1}{2}\sum_u \sum_v [3(\chi_{uv})^2 - \chi_{uu}\chi_{vv}]$$

et l'anisotropie $\Delta\chi_k$ de la $k^{\text{ième}}$ orbitale par

[9] $$(\Delta\chi_k)^2 = \frac{1}{2}\sum_u \sum_v [3(\chi_{kuv})^2 - \chi_{kuu}\chi_{kvv}]$$

on a la relation

[10] $$(\Delta\chi)^2 = \frac{1}{2}\sum_k \sum_l \Delta\chi_k \Delta\chi_l (2 - 3\sin^2\theta_{kl})$$

où θ_{kl} est l'angle des directions des liaisons correspondant aux deux orbitales k et l. Cette dernière relation reste valable si les anisotropies de liaisons remplacent les anisotropies d'orbitales.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur les orbites dans le cosmotron à focalisation forte à l'approximation non linéaire.* Note (*) de M. **Augustin Blaquière**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'auteur développe une méthode de résolution approchée de l'équation de Hill, basée sur la recherche d'une solution sous forme d'une série ou d'une intégrale de Fourier. Il étend le résultat à un type d'équation non linéaire à coefficients périodiques qui intervient dans la théorie du cosmotron à focalisation forte.

La loi du mouvement radial des particules, dans un cosmotron à focalisation forte dont le champ magnétique présente une légère distorsion non linéaire, sera approchée ici par l'équation

(1) $$\frac{d^2x}{ds^2} = \left(nx + \frac{1}{3}ex^3\right)g(s),$$

où x est l'écart radial de la particule à l'orbite d'équilibre; s, l'arc en radians parcouru le long de cette orbite; e, un faible coefficient de non-linéarité; $g(s)$ un coefficient alternatif d'amplitude-unité, de période S : longueur d'arc en radians d'un couple de secteurs alternés. Cette forme approchée est adoptée et discutée par le Groupe technique du Midwest Accelerator ([1]).

1. Approximation linéaire. — Lorsque l'écart radial est faible, on peut tolérer l'approximation linéaire

(2) $$\frac{d^2x}{ds^2} = ng(s)x.$$

(*) Séance du 8 novembre 1954.

([1]) Keith R. Symon, *A Smooth Approximation to the Alternating Gradient Orbit Equations*, Wayne University, juillet 1954, K. R. S. (M. U. R. A.)-1 et Keith R. Symon, *Smooth Solution to One-Dimensional A. G. Orbits with Cubic Forces*, Wayne University, juillet 1954, K. R. S. (M. U. R. A.)-2.

C'est une équation de Hill, et l'on sait qu'on ne restreint pas la généralité des résultats en particularisant $g(s)$ par une loi sinusoïdale de pulsation $\omega_0 = (2\pi/S)$. Nous nous placerons dans le cas d'intérêt pratique où la longueur d'onde de la solution est nettement supérieure à la longueur S de deux secteurs alternés, et où le spectre de $x(s)$ se réduit à deux bandes de fréquences localisées, l'une autour de $\omega_0 = (2\pi/S)$, l'autre vers les fréquences plus basses. Désignons par « spectre ω_{HF} » et « spectre ω_{BF} » ces deux bandes spectrales que nous allons déterminer.

Le second membre de l'équation (2) nous fournit les produits de modulation suivants :

1° *Produits* « ω_0, *spectre* ω_{BF} » : d'où les bandes HF « $\omega_0 + \omega_{BF}$ » et « $\omega_0 - \omega_{BF}$ » localisées autour de ω_0.

2° *Produits* « ω_0, *spectre* ω_{HF} » : d'où les bandes « $\omega_0 + \omega_{HF}$ » (localisée vers la pulsation $2\omega_0$) et « $\omega_0 - \omega_{HF}$ » (localisée vers les basses fréquences).

Le premier membre dx^2/ds^2 nous fournit aussi deux bandes, une localisée vers les basses fréquences, l'autre autour de ω_0 (partie H.F.). Il ne reste plus qu'à identifier les deux membres, en négligeant l'harmonique 2 produit par le spectre « $\omega_0 + \omega_{H.F.}$ » ci-dessus. On obtient donc deux équations couplées que nous symbolisons par

$$\text{Spectre H. F. de } \frac{d^2x}{ds^2} = \text{Spectre produit « } g,\ x_{B.F.} \text{ »},$$

$$\text{Spectre B. F. de } \frac{d^2x}{ds^2} = \text{Spectre produit « } g,\ x_{H.F.} \text{ »}.$$

2. Approximation non linéaire. — L'avantage de la méthode proposée au paragraphe précédent est de rester valable sans modification dans le domaine non linéaire. Il suffira alors d'évaluer en plus, au second membre de (1) les produits de modulation fournis par le terme $(1/3)\,ex^3 g'(s)$. Ici encore la méthode s'étend sans difficulté au cas où $g(s)$ n'est plus purement sinusoïdal. Il suffirait de se donner son spectre sous forme d'une ou de plusieurs bandes étroites. Elle permet donc d'étudier en particulier l'effet des défauts d'alignement des aimants, mais en fonctionnement non linéaire.

3. Application. — Recherchons une solution de l'équation

$$\frac{d^2x}{ds^2} = \left(nx + \frac{1}{3}ex^3\right)\cos\omega_0 s \tag{3}$$

de la forme $x \equiv x_1(s) + x_2(s) \equiv x_1(s) + a\cos\omega_0 s$, où $x_1(s)$, lentement variable est représentable par un spectre B. F., et $x_2(s) \equiv a\cos\omega_0 s$. L'évaluation des produits de modulation du second membre donne

$$\frac{d^2x_1}{ds^2} + \frac{d^2x_2}{ds^2} = \left(nx_1 + \frac{1}{3}ex_1^3 + \frac{3}{4}ex_1a^2\right)\cos\omega_0 s + \left(\frac{na}{2} + \frac{ex_1^2 a}{2} + \frac{1}{3}\frac{ea^3}{2}\right)\cos 2\omega_0 s$$
$$+ \frac{ex_1a^2}{4}\cos 3\omega_0 s + \frac{1}{3}\frac{ea^3}{8}\cos 4\omega_0 s + \left(\frac{na}{2} + \frac{ex_1^2 a}{2} + \frac{ea^3}{8}\right).$$

Supposant a petit, et négligeant les harmoniques 2, 3 et 4, l'équation ci-dessus se décompose en deux équations couplées :

$$\begin{cases} \dfrac{d^2x_1}{ds^2} = \dfrac{na}{2} + \dfrac{ex_1^2 a}{2}, \\ \dfrac{d^2x_2}{ds^2} \equiv -a\omega_0^2 \cos\omega_0 s = \left(nx_1 + \dfrac{1}{3}ex_1^3\right)\cos\omega_0 s. \end{cases}$$

La deuxième équation du système donne

$$a(s) = -\frac{n}{\omega_0^2}x_1 - \frac{1}{3}\frac{e}{\omega_0^2}x_1^3$$

et portant dans la première équation il vient

$$(4) \qquad \frac{d^2x_1}{ds^2} = -\frac{n}{2\omega_0^2}\left[x_1 + \frac{4e}{3n}x_1^3 + \frac{e^2}{3n^2}x_1^5\right].$$

L'approximation linéaire de (4) donne la valeur classique de la pulsation des oscillations bétatroniques :

$$\omega = \frac{n}{\omega_0\sqrt{2}} = \frac{nS}{\pi\sqrt{8}}.$$

Dans le cas non linéaire, l'équation (4) considérée en entier conduit à une loi de dépendance fréquence-amplitude analogue à celles que nous avions obtenues antérieurement pour d'autres équations non linéaires ([2]). On a ici :

$$f_A = f\sqrt{1 + \frac{e}{n}A^2 + \frac{5}{24}\frac{e^2}{n^2}A^4},$$

où f_A est la fréquence des oscillations bétatroniques d'amplitude A, et $f = nS/\pi\sqrt{8}$. Ces résultats ont aussi été obtenus par Keith R. Symon au moyen de la « Smooth Approximation » ([1]).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les effets accumulatifs provoqués par les explosions thermonucléaires à la surface du globe.* Note de M. **Charles-Noël Martin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les explosions thermonucléaires intéressent des grandeurs non négligeables à l'échelle terrestre. Divers effets accumulatifs sont étudiés : d'ordres chimiques, radioactifs, climatiques. Ces phénomènes sont irréversibles et l'équilibre de certaines caractéristiques planétaires et vivantes sera compromis à partir d'un seuil atteint avec quelques dizaines d'explosions. Diverses preuves expérimentales sont suggérées.

La complexité des phénomènes physiques mis en jeu lors d'une explosion de

---

([2]) A. Blaquière, *J. Phys. Rad.*, t. 13, 1952, p. 527 et 635; *Ann. Radioélectr.*, t. 8, 1953, p. 36; *Thèse de Doctorat ès Sciences Physiques; Ann. Radioélectr.*, t. 8, 1953, p. 153.

bombe à fission et de bombe thermonucléaire dépasse largement les possibilités actuelles d'en calculer théoriquement les effets avec précision. Il est toutefois possible de donner un ordre de grandeur à un ensemble de valeurs numériques relatives aux phénomènes qui paraissent les plus évidents. L'ampleur prise récemment par une série d'essais d'engins thermonucléaires de divers types motive une étude scientifique de ces phénomènes car certains des effets sont à l'échelle du globe terrestre et risquent d'entraîner, en s'accumulant, des conséquences particulièrement graves, sinon dramatiques. Ces conséquences sont de quatre ordres principaux :

1. *Conséquences chimiques.* — Le professeur A. Debierne (1) avait déjà beaucoup insisté dans quatre Notes, avant même les premières explosions expérimentales de Bikini (on en compte une soixantaine maintenant) sur la formation d'acide nitrique par réaction de l'azote et l'oxygène de l'air. Le gaz nitrique NO qui donne sa couleur rougeâtre au champignon devient NO_2 puis NO_3H avec la vapeur d'eau. Une bombe de 20 Mt peut ainsi former 5.10^5 t de gaz NO. La masse de l'atmosphère terrestre étant 5.10^{15} t, l'effet est de l'ordre de 10^{-10} et paraît ainsi négligeable du point de vue massique. Mais il n'en est rien car la quantité d'acide nitrique formé ensuite, supposée répartie uniformément dans la totalité de l'atmosphère sur 10 km d'altitude, donne 2.10^9 molécules par cm^3. Ce calcul néglige la formation ultérieure de NO_3H grâce à l'ionisation par les isotopes radioactifs et l'action des poussières. La dissolution de cet acide entraînera une diminution du pH de l'eau de pluie (2), qui pourra atteindre 5 et au-dessous pour des averses intéressant plusieurs centaines de km^2 peu de temps après l'explosion. On sait qu'à partir d'une certaine valeur du pH le métabolisme des plantes peut subir un dérèglement complet.

2. *Effets climatiques.* — Les explosions au sol arrachent une quantité de matière de l'ordre du milliard de tonnes et la majeure partie en est envoyée dans la stratosphère jusqu'à 30 à 40 km d'altitude. Le champignon s'étend sur 200 km à une altitude moyenne de 18 km avec une épaisseur de 6 km. Cette quantité de matière qui ne fait que 10^{-7} de la masse totale de l'atmosphère se dilue rapidement mais ne retombe que très lentement, pouvant faire de nombreux tours du monde. Les effets climatiques sont évidents : interception partielle du rayonnement solaire; chutes localisées de pluies diluviennes au passage des fragments du champignon porteurs de centres de condensation d'acide nitrique, d'ions radioactifs et de poussières; régimes des vents modifiés par le déséquilibre local du processus d'évaporation et de variation de température moyenne.

---

(1) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1124 et 1352; **224**, 1947, p. 1220; **226**, 1948, p. 1302.

(2) Notre attention sur la variation du pH de la pluie a été attirée par M. Jacques Bergier.

3. *Effets radioactifs.* — Un grand nombre d'isotopes émetteurs γ à longues périodes (depuis quelques jours jusqu'à plusieurs années) sont produits. Mais tout particulièrement une importante quantité de C 14 par la réaction (n, p) sur l'azote 14 de l'air. On connaît bien le mécanisme de la répartition homogène des produits carbonés, absorbés ensuite par tous les êtres vivants. La répartition du C 14 de période 5 600 ans entraînera donc fatalement d'ici quelques années une nette augmentation du taux actuel de 15 désintégrations par minute et par gramme de carbone « vivant ».

Par ailleurs, on doit observer au sol une légère variation du rayonnement cosmique secondaire provoqué par l'augmentation appréciable de la densité de matière dans la stratosphère raréfiée, entre 20 et 40 km.

4. *Effets génétiques.* — Dans ce domaine encore mal connu, il semble qu'une variation même légère du taux de rayonnement naturel ambiant entraînera à long terme des effets génétiques importants et irréversibles. Des précédents expérimentaux paraissent d'ores et déjà acquis.

En résumé : depuis deux ans il y a eu déjà environ 10 explosions de bombes H, l'énergie de chacune varie entre 3 et 50 Mt, c'est-à-dire l'équivalent de 1 000 à 2 500 bombes atomiques « classiques » du type Hiroshima-Bikini. Les phénomènes mis en jeu dépassent de très loin les possibilités expérimentales des laboratoires et intéressent une fraction très appréciable de la planète. Un certain nombre de processus provoqués dans l'atmosphère sont irréversibles et peuvent entraîner un déséquilibre croissant parmi les conditions naturelles auxquelles le règne vivant s'est lentement adapté. Toute augmentation du nombre d'explosions entraînera des modifications selon une loi qui ne sera pas nécessairement linéaire.

Actuellement on doit pouvoir mettre en évidence expérimentalement les effets suivants :

1° Des variations locales du pH des pluies, de l'ordre de 7 à 5.

2° Une augmentation très nette du taux de Carbone 14 de l'ordre de 10 à 30 %.

3° Une augmentation, difficile à évaluer, probablement faible, de l'intensité du rayonnement cosmique secondaire au niveau de la mer.

4° Une diminution de l'intensité de radiation solaire.

5° Un régime des pluies anarchique dont il serait intéressant de suivre, en fonction du temps, la localisation sur le globe entier.

6° Observation de la bande d'absorption de l'acide nitrique dans la lumière du ciel.

7° Présence de nombreux radioéléments à très longues périodes dans l'air. En particulier celle du Fer 59 de période 47 jours, dû à la réaction (n, γ) sur l'isotope 58 stable du Fer dans l'enveloppe métallique des engins.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Spectre d'énergie des neutrons émis par les sources de polonium.* Note (*) de Mlle **Marie Ader**, présentée par M. Francis Perrin.

Les sources de polonium émettent des neutrons, généralement attribués à l'action des rayons α du polonium sur des impuretés de la source : notamment des traces de béryllium.

Nous avons obtenu à l'aide d'émulsions photographiques, des protons projetés par ces neutrons, et établi leur spectre d'énergie.

La source de polonium, d'environ 50 mC, déposée sur une feuille de nickel était placée entre deux lames épaisses également de nickel. Sur chaque face de ce dispositif (1), un groupe de trois plaques photographiques Ilford, C_2, 200 μ superposées, a été exposé pendant 20 h.

Bien que l'émission des neutrons soit faible, l'examen des six plaques, irradiées dans les mêmes conditions de temps et de géométrie, a pu donner un nombre de protons de recul suffisant pour permettre l'étude de l'énergie des neutrons projetants.

A l'aide d'une plaque témoin, non irradiée, on a déduit « l'effet zéro ». Toutes les traces de moins de 50 μ provenant de la surface et de la profondeur en contact avec le verre ont été négligées, pouvant être attribuées à des contaminations.

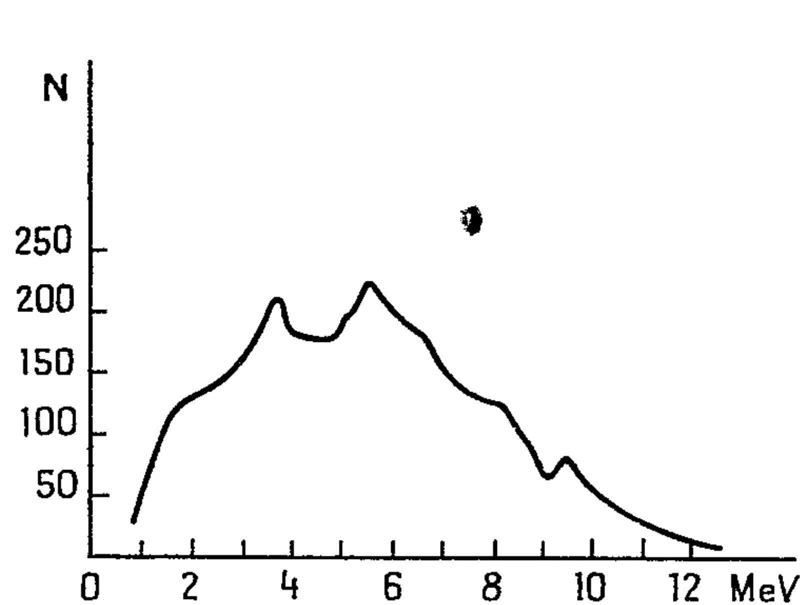


Fig. 1.

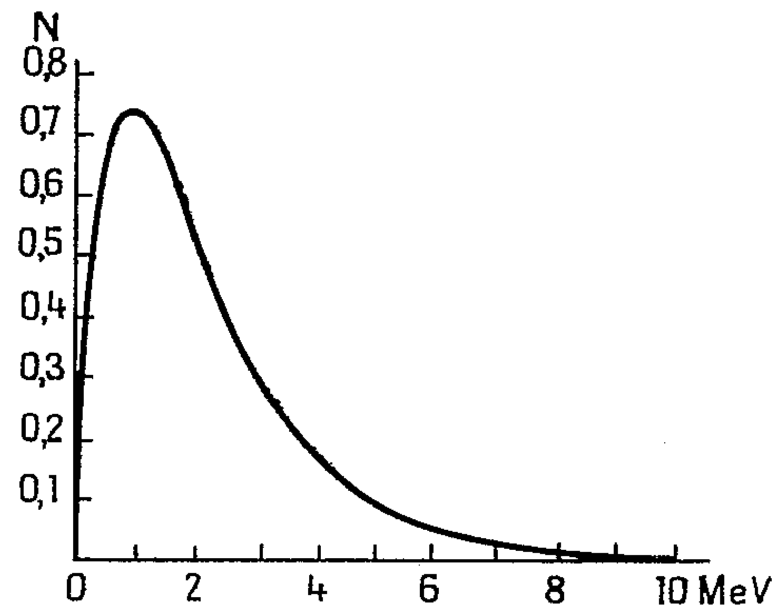


Fig. 2.

Deux séries de mesures, de plus de 1 500 traces chacune, ont donné des résultats concordants. Le spectre obtenu s'étend sur une large bande : de 0, 5 MeV à plus de 15 MeV.

Nous avons essayé de comparer nos résultats (*fig.* 3) avec le spectre d'énergie des neutrons émis par une source de Po-Be (*fig.* 1) établi par J. O. Elliot

(*) Séance du 3 novembre 1954.

(1) Le dispositif expérimental a été réalisé avec l'aide de M. Pierre Conte.

et coll. ([2]) et avec la courbe (*fig.* 2), des neutrons de fission de l'uranium 235 ([3]); le spectre des neutrons émis par la source de polonium se rapproche de celui des neutrons de fission de l'uranium 235.

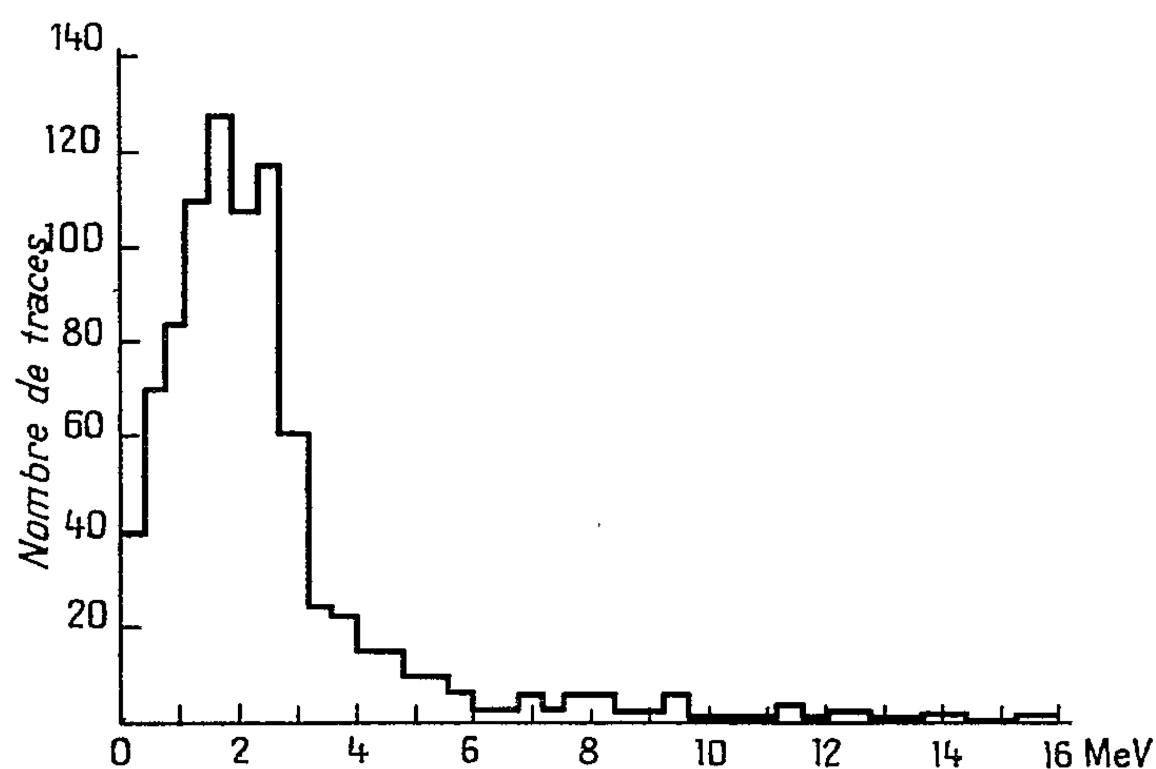


Fig. 3.

La comparaison des figures 1 et 3 montre clairement que l'émission de neutrons par la source de polonium n'est pas attribuable à une contamination de beryllium.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude cinétique de la décomposition de l'acide p-méthoxybenzène-phosphonique en milieu acide.* Note (*) de Mme **André Viout** (**Paule Lesfauries**) et M. **Paul Rumpf**, présentée par M. Louis Hackspill.

Cette hydrolyse en anisole et acide phosphorique a été étudiée entre 78 et 136°, et dans des solutions sulfuriques dont les concentrations ont varié de 9 à 60 % en poids. Elle est d'ordre 1 par rapport à l'acide phosphonique. La vitesse augmente rapidement jusqu'à environ 30 % d'acide sulfurique et passe par un maximum. L'énergie d'activation apparente est de 23,6 ± 0,3 kcal et le facteur PZ est égal à $10^{9,1}$ s^{-1}.

Au cours d'un travail antérieur ([1]), l'un de nous a observé que l'acide *p*-méthoxybenzène-phosphonique subissait une coupure facile de la liaison C-P, lorsqu'il était traité pendant longtemps par une solution acide bouillante.

([2]) J. O. Elliot, W. I. McGarry et W. R. Faust, *Phys. Rev.*, 93, n° 6, 1954, p 1348.

([3]) E. Segré, *Experimental Nuclear physics*, 2, p. 393; Bonner, R. A. Ferrel et M. C. Rinthart, *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 1032; D. L. Hill, *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 1034; B. E. Watt, *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 1037.

(*) Séance du 3 novembre 1954.

([1]) P. Lesfauries, *Thèse*, Paris, 1950; *J. Rech. C. N. R. S.*, septembre 1954, p. 15-31.

V. N. Bell et G. M. Kosolapoff ([2]) ont signalé, depuis lors, que cet acide se décomposait par ébullition dans l'acide chlorhydrique concentré.

La vitesse de décomposition de l'acide *p*-méthoxybenzène-phosphonique a été mesurée en vue de l'étude plus générale de la stabilité des acides phosphoniques et phosphiniques aromatiques.

L'acide phosphonique a été mis en solution dans de l'acide sulfurique à diverses concentrations, celles-ci étant toujours considérables par rapport à la concentration du dérivé organique du phosphore. L'acide sulfurique a été choisi, de préférence à l'acide chlorhydrique, pour éviter les risques de perte par évaporation. Les essais ont été faits à plusieurs températures (78, 81, 86, 96, 100, 110, 122 et 136°) maintenues constantes par la vapeur d'un liquide approprié bouillant sous la pression atmosphérique. Pour les mesures au-dessous de 100°, des prises d'essai ont été effectuées à intervalles réguliers dans le même tube. Pour chaque température au-dessus de 100°, il a fallu opérer dans une série de tubes scellés chauffés pendant des temps différents.

La quantité d'acide *p*-méthoxybenzène-phosphonique décomposé à un instant donné a été déterminée par le dosage de l'acide phosphorique formé :



$$H_3C-O-C_6H_4-PO_3H_2 + H_2O \rightarrow C_6H_5-O-CH_3 + PO_4H_3.$$

La méthode que nous avons adoptée est le dosage spectrophotométrique au complexe phosphovanadomolybdique ([3]). Suffisamment précise, elle n'est pas gênée par la présence de l'acide phosphonique. Si c_0 et c sont respectivement les concentrations de ce dernier avant la réaction et à un instant donné t, en portant les valeurs de $\log c_0 - \log c$ en fonction du temps, nous obtenons à chaque température une droite passant par l'origine : par conséquent, en présence d'un grand excès d'ions H^+, la réaction est du premier ordre. Dans les limites de précision des dosages (de l'ordre de 2 %), un changement de la concentration initiale en acide phosphonique ne modifie pas la valeur trouvée pour le coefficient de vitesse k, ce qui confirme bien l'ordre 1 de la réaction par rapport à ce constituant.

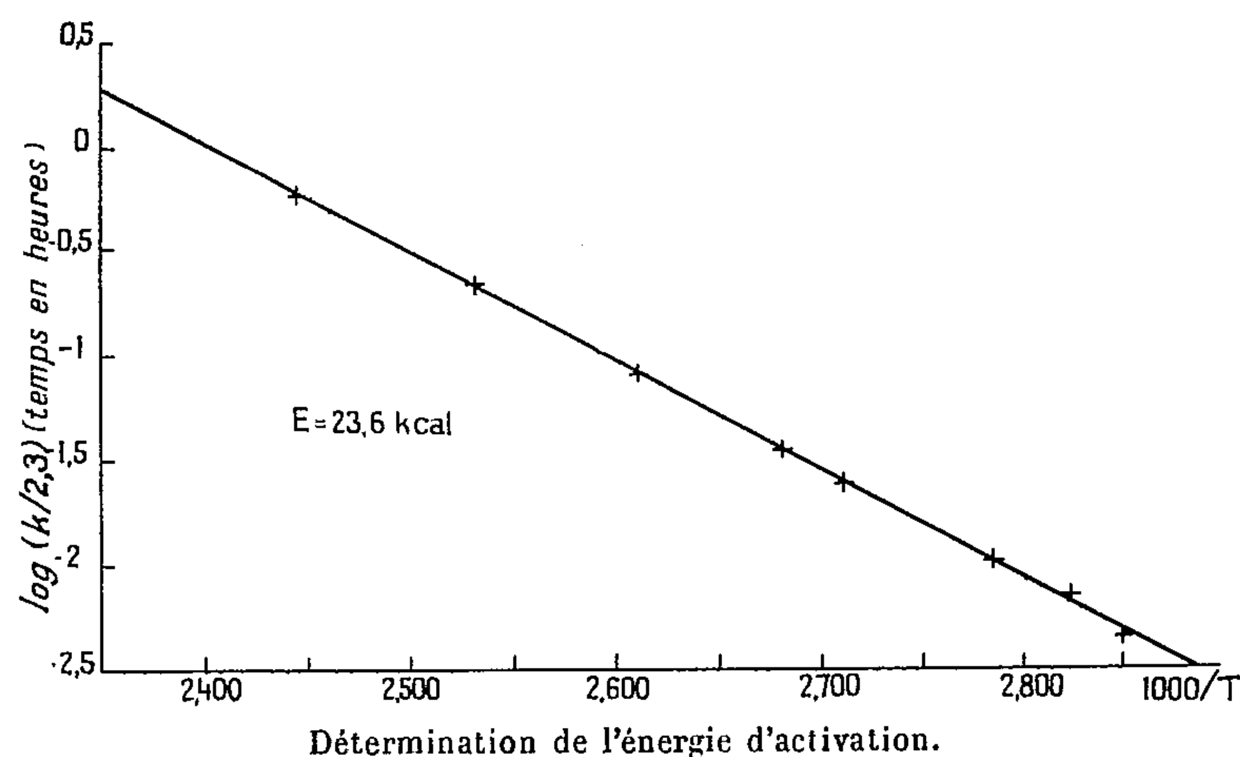
Il serait également intéressant de connaître l'ordre de la réaction par rapport aux ions H^+. Dans ce but, à une même température (96°), nous avons utilisé des concentrations en acide sulfurique de 9 à 60 % en poids : les vitesses de décomposition sont alors mesurables avec précision par la technique qui vient d'être décrite. Jusqu'à 30 % d'acide, elles augmentent rapidement avec la concentration, à peu près proportionnellement au carré de cette dernière. Au-delà, on observe une accélération moins marquée, suivie d'un ralentissement vers 60 % d'acide. Ces résultats sont difficiles à interpréter, d'autant plus

---

([2]) *J. Amer. chem. Soc.*, 75, 1953, p. 4901-4903.

([3]) P. Fleury et M. Leclerc, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 25, 1943, p. 201.

que nous manquons de données sur l'activité des ions H^+ à des températures supérieures à 60°.



Détermination de l'énergie d'activation.

Nous avons vérifié que, dans l'acide sulfurique à 26,5 %, entre 78 et 136° C, le logarithme du coefficient de vitesse de la réaction pseudo-monomoléculaire varie linéairement en fonction de l'inverse de la température absolue. L'énergie d'activation apparente est de 23,6 ± 0,3 kcal. et le facteur PZ, voisin de $10^{9,1}$, 1 s^{-1}. Il n'y a pas lieu de chercher à interpréter ces résultats numériques avant d'avoir éclairci le mécanisme, certainement complexe, de la réaction, en étudiant des acides phosphoniques aromatiques moins stables dont la vitesse de décomposition puisse être suivie dans des milieux pour lesquels nous disposions de données électrochimiques suffisantes.

L'acide benzène-phosphonique et son dérivé bromé en *para* ont résisté à un long chauffage dans les conditions indiquées, mais la méthode permet de comparer quantitativement en milieu acide l'instabilité des divers composés phosphoniques substitués par des groupements fortement donneurs d'électrons, et notamment de certains dérivés aminés particulièrement fragiles (¹).

PHYSIQUE DES MÉTAUX. — *Sur la porosité observée dans l'effet Kirkendall.* Note de M. **Jean Blin**, présentée par M. Maurice Roy.

Les expériences de Kirkendall ont montré que, lorsque deux métaux diffusent l'un dans l'autre, chacun peut avoir sa vitesse de diffusion propre (¹). Outre le transport de masse qui a lieu dans une telle diffusion, plusieurs expérimentateurs ont noté l'existence d'une porosité dans l'alliage qui contient le métal qui diffuse

(¹) A. D. Smigelskas, E. O. Kirkendall, *Trans. Amer. Inst. Min. Met. Eng.*, 171, 1947, p. 130.

le plus rapidement. On attribue l'existence de ces cavités à la « précipitation » de lacunes qui seraient en excès à cause du déséquilibre résultant de la différence des vitesses de diffusion ([2]). F. Seitz s'est demandé quels sont les sites où les lacunes peuvent se condenser, il a admis que ce sont des petites cavités ayant des dimensions moyennes de 20 à 30 Å, existant préalablement dans le métal ([3]).

Nous avons essayé de vérifier cette hypothèse en étudiant la diffusion centrale des rayons X par un métal où les cavités sont en formation. Nous avons simplifié les expériences en opérant sur des feuilles de laiton (29,2 % Zn) chauffées dans le vide vers 800°. Le départ du zinc provoque en effet une porosité qui présente un aspect micrographique entièrement analogue à ce qui a été observé dans l'expérience originale de Kirkendall ([4]). Après évaporation, les feuilles étaient amincies par polissage électrolytique jusqu'à une épaisseur de 3 à 4/100e de millimètre. On étudiait ainsi la couche médiane de la feuille initiale. Dans le métal qui avait perdu le plus de zinc, les cristaux étaient encore très bons et la largeur de la raie Debye-Scherrer normale.

Le tableau indique le poids de Zn évaporé et le traitement thermique correspondant. Les courbes d'intensité de diffusion sont tracées dans le diagramme $\log I = f(\Theta^2)$. Ce diagramme indique par sa courbure que les cavités n'ont pas toutes les mêmes dimensions. On trouvera dans le tableau le rayon de giration moyen (R) des cavités, le rayon (r) des sphères supposées pleines qui auraient ces valeurs comme rayon de giration, et la distance moyenne des cavités D_m.

Traitement thermique.	Atmosphère.	R (Å).	r (Å).	D_m (Å).	Poids de Zn évaporé (mg).
Recristallisé à 400° (24 h)	argon	25	33	2400	0
800° (18 mn)	vide	24	31	2100	50
800° (5 h 30 mn)	»	20	26	1100	184
700° (36 h)	»	33	42,5	2000	197
800° (3 j)	»	22	28	960	227

Comme nous l'avions déjà observé pour les métaux purs recristallisés, le métal dont on part contient déjà des cavités ([5]). Le nombre des cavités augmente notablement de (1 à 10) entre l'état initial et l'état final; par contre le rayon de giration ne semble pas changer sensiblement. Le volume total que représentent ces petites cavités reste très faible par rapport au volume de zinc évaporé; le rapport est d'environ 1/1000. On observe donc bien comme le supposait Seitz l'existence préalable de petites cavités. On peut déduire des

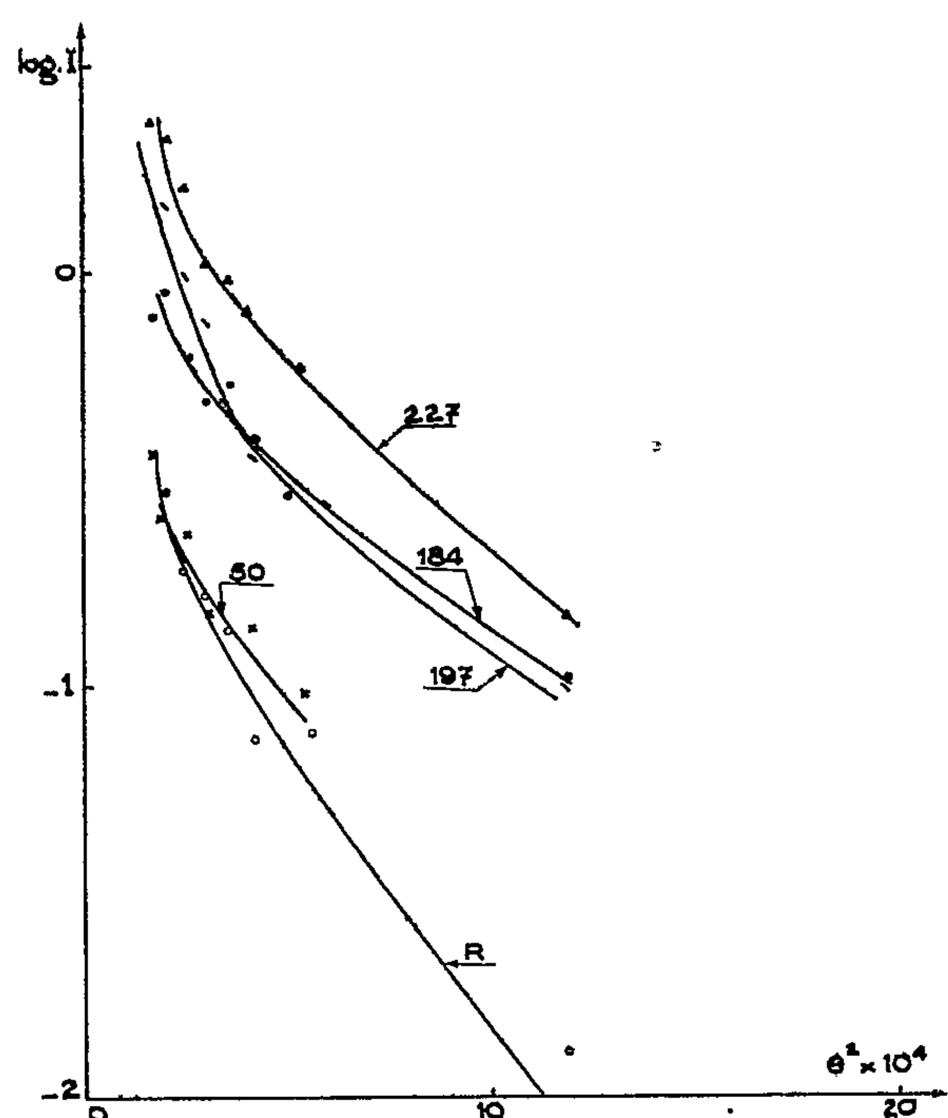
([2]) F. Seitz, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1513.

([3]) *Acta Metallurgica*, 1, May, 1953, p. 355.

([4]) R. W. Balluffi, B. H. Alexander, *J. Appl. Phys.*, 23, n° 11, p. 1237.

([5]) J. Blin, *Thèse Ingénieur Docteur*, Faculté des Sciences, Paris, p. 101.

valeurs correspondantes du rayon r celles de la sursaturation (C/Co—1) des lacunes nécessaire pour que les cavités puissent croître; Co désigne la concentration des lacunes en équilibre dans un cristal parfait à la température des expériences. On applique pour cela la formule de Thomson-Gibbs : $\log C/Co = 2s\,Va/kTr$, relative à la croissance d'un petit cristal de dimension moyenne r en présence d'une vapeur de concentration C ([6]); s désigne l'énergie superficielle du cristal. On trouve ainsi des valeurs voisines de 0,08.



On peut se demander pourquoi il semble qu'il se produise une augmentation du nombre des cavités plutôt qu'un accroissement de leur volume. C'est qu'en réalité la diffusion des rayons X n'est sensible qu'à une très faible proportion des cavités, lorsque celles-ci ont des diamètres variant dans de larges limites. Quand les cavités grossissent, la diffusion des rayons X se trouve alors dans un domaine où nous sommes gênés par la diffusion parasite (petits angles). En outre, le nombre de celles qui grossissent est faible, comme le montrent les observations faites au microscope. Par ailleurs, les cavités très petites sont en trop petit nombre pour donner un effet sensible. Ces cavités ne sont détectées que lorsque le taux d'évaporation augmente. La valeur trouvée pour C/Co est donc un minimum.

([6]) *Discussions of the Faraday Society*, 5, 1949, p. 13.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Structure et activité du complexe enzyme-substrat en rapport avec la formation de liaisons hybrides par l'ion activateur.* Note (*) de Mme **Andrée Goudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans l'étude des enzymes dont l'activateur est un métal à l'état d'ion, il est possible de trouver des caractères communs : ce sont des métaux de transition. La plupart ont une électronégativité de 1,6. Ils sont actifs à l'état bivalent pour des substrats fortement électronégatifs et à l'état trivalent pour des substrats faiblement électronégatifs. Cependant ces enzymes se différencient par les liaisons qui existent entre l'ion métal et la protéine. Ceux dont le métal est facilement dissociable et peut être remplacé par un métal donnant des complexes de même structure (ex. : les dipeptidases) ou au contraire ceux où l'ion métallique est fortement lié dans le coenzyme et paraît spécifique ([1]) (ex. : Anhydrase carbonique). Ces différents caractères peuvent être expliqués suivant la manière dont se forment les liaisons hybrides soit à l'intérieur du complexe enzyme-substrat, soit déjà dans l'enzyme entre l'ion métal et la protéine.

1. Coordination 6. Liaisons hybrides $3d^2 4s 4p^3$. — Dans l'état bivalent les métaux du groupe VIII ne peuvent donner des liaisons électrostatiques avec des substrats fortement électronégatifs comme NH_3 et H_2O. C'est le cas du cobalt dans les dipeptidases par exemple. Dans le complexe ionique formé, le substrat relativement plus électronégatif prend une partie de la charge négative de l'ion central qui devient trivalent ([2]). Le caractère négatif se trouvant modifié, il y a passage des liaisons ioniques à des liaisons covalentes. Un mécanisme inverse est donné par les enzymes respiratoires. Les lois de la chimie électronique, établies à l'aide de la Mécanique ondulatoire, permettent de connaître les orbites intéressées dans la formation des liaisons σ et π à l'intérieur du complexe covalent enzyme-substrat.

a. Liaisons σ longitudinales. — Pour les éléments de transition l'indice de liaison de la pénultième orbite $3d$ est beaucoup plus grande que pour les ultièmes orbites $4s$ et $4p$. C'est ainsi que pour le fer il a été trouvé en utilisant la règle de Slater : α Fe$(3d) = 2{,}2$ et α Fe$(4s = 4p) = 0{,}680$ (Craigh et collaborateurs).

Les quatre noyaux pyrrols ne donnent avec Fe^{+++} et Fe^{++} que des liaisons ioniques comme le montrent les mesures des moments magnétiques des enzymes et des pigments respiratoires (5 et 4 électrons célibataires). Dans le complexe enzyme-substrat et dans l'oxyhémoglobine, le substrat faiblement

(*) Séance du 8 novembre 1954.

([1]) J. Roche, *Actualités scientifiques et industrielles*, 1015, Hermann, 1946.

([2]) *Comptes rendus*, 237, 1953 p. 357 et 1239; 238, 1954 p. 734.

électronégatif permet l'utilisation des orbites $3d$ pour la formation de liaisons covalentes $3d^2\,4s\,4p^3$ donnant une structure octaédrique.

b. Liaisons π *latérales.* — Dans les métaux de transition du groupe fer la validité de la règle de Hunt permet que la dégénérescence des orbites d ne soit pas perturbée par la formation de complexes et les mêmes orbites peuvent être utilisées pour des liaisons σ ou π. Kimball a montré que deux orbites d pour des complexes plans et trois pour des complexes octaédriques peuvent être utilisées pour former des liaisons π qui sont orthogonales. Donc pour les dipeptidases dans le complexe cobaltique, comme nous l'avions prévu, trois liaisons π sont possibles par utilisation des pénultièmes orbites $3d$ et l'électron π de chacune des doubles liaisons peptidiques. De même entre l'ion fer des enzymes et des pigments respiratoires avec des substrats contenant des doubles liaisons comme CO et CN.

Cependant les cathions ainsi formés sont instables en solution aqueuse alors que les anions sont stables.

2. Coordination 4. Liaisons hybrides $4s\,4p^3$, $3d\,4s\,4p^2$ et $4s\,4p^2\,4d$. — Dans le cas des métaux donnant des complexes de coordination 4, si le substrat est fortement électronégatif il peut se former un complexe tétraédrique sp^3, avec un substrat faiblement électronégatif il y a formation d'une hybridation dsp^2.

a. Hybridation $4s\,4p^3$. — L'anhydrase carbonique a pour ion activateur Zn^{++}, le mécanisme de la réaction catalytique est



$$CO_2 + RNH_2 \rightleftharpoons RNHCOOH \rightleftharpoons RNHCOO^- + H_+.$$

Les complexes du Zn^{++} sont généralement de coordination 4 et souvent à chaînes ouvertes. Nous avons donc fait l'hypothèse que l'ion Zn^{++} doit être lié dans l'enzyme à 4N d'amino-groupes suivant des liaisons $4s\,4p^3$, qui explique pourquoi la dithizone ne peut fixer l'ion Zn^{++} (1). L'ion complexe peut réagir avec le milieu contenant CO_3H_2 en formant un complexe d'association avec $4CO_2$ lequel en milieu aqueux peut donner une réaction de transfert de charge dissociative redonnant CO_3H_2 selon la théorie donneur-accepteur de Mulliken.

b. Hybridation $4s\,4p^2\,4d$. — Cu^{++} est le seul ion bivalent qui donne même avec des substrats fortement électronégatifs des liaisons hybrides situées dans le même plan que l'ion selon une hybridation $4s\,4p^2\,4d$. Suivant les propriétés de l'enzyme nous pouvons supposer que le coenzyme correspond à un ion complexe de la forme $Cu(RNH_2)_2^{++}$ donnant des bases $Cu(RNH_2)_2(OH)_2$ beaucoup plus fortes que les hydroxyls cupriques et qui sont solubles dans l'eau et facilement dissociables.

Cependant en présence de substrats tels que CN il se produit des doubles liaisons avec l'ion métal, comme nous l'avons vu plus haut, qui stabilisent le complexe et inhibent l'activité enzymatique.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Étude d'un champ « self-consistent » pour la molécule d'acide cyanhydrique*. Note (*) de M. **André Bassompierre**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous recherchons une fonction d'onde électronique Ψ pour la molécule HCN suivant la méthode des champs « self-consistent » [1]. Nous savons [2] que la molécule est linéaire et que les distances internucléaires sont :

$$\overline{HC} = 1{,}064\ \text{A}^{\circ}, \qquad \overline{CN} = 1{,}156\ \text{A}^{\circ}.$$

Cette fonction Ψ est de la forme :

$$\Psi = \frac{1}{\sqrt{(14)!}} \sum_{P} (-1)^p P(\varphi_1 \alpha)^1 (\varphi_2 \beta)^2 \ldots (\varphi_n \alpha)^{13} (\varphi_n \beta)^{14}, \tag{1}$$

où $\varphi_1, \ldots, \varphi_n$ sont des fonctions d'espace orthonormées et α, β les deux fonctions de spin. P est l'opérateur de permutation des 14 électrons de la molécule, et p sa parité. Les fonctions φ_i étant développées dans un espace χ $\left(\varphi_i = \sum_p \chi_p c_{pi}\right)$, on sait [1] que les c_{pi} sont donnés par les équations

$$\mathrm{F} c_i = \varepsilon \mathrm{S} c_{ii}, \tag{2}$$

ou F et S sont les représentatives des opérateurs de Fock et de l'identité dans la base χ. $(-\varepsilon_i)$ est l'énergie d'ionisation verticale de l'état i (c'est-à-dire avant la perturbation du reste de la molécule).

Nous avons pris pour base χ onze fonctions d'onde atomique réelles :

$(1s)_C$, $(1s)_N$, $(1s)_H$, $(2s)_C$, $(2pz)_C$, $(2s)_N$, $(2pz)_N$, $(2px)_C$, $(2px)_N$, $(2py)_C$, $(2py)_N$

L'axe Oz est dirigé suivant HN. Nous prendrons les fonctions χ_p dans l'ordre ci-dessus. Nous avons adopté les fonctions [3] de Duncanson et Coulson, orthonormées pour chaque atome; de sorte que la base χ n'est pas orthogonale. L'introduction de ces fonctions dans les équations (2) conduit à calculer de nombreuses intégrales que nous avons publiées précédemment [4].

La molécule est dans l'état Σ^+, et appartient donc au groupe de symétrie $c_{\infty v}$. Les fonctions $(1s)$, $(2s)$, $(2p_z)$ appartiennent à la représentation σ de ce groupe, et les fonctions $(2p_x)$, $(2p_y)$ à la représentation π. L'équation se trouve

(*) Séance du 8 novembre 1954.

[1] C. C. J. Roothann. *Rev. Mod. Phys.*, 23, 1950 p, 69.

[2] J. N. Simmon, W. E. Anderson et W. Gordy, *Phys. Rev.* 77, 1950, p. 77; A. N. Jr Nethercot, J. A. Klein et C. H. Townes, *Phys. Rev.*, 86, 1952, p. 798 L.

[3] W. E. Duncanson et C. A. Coulson, *Proc. Roy. Soc. Édim.*, 62, 1944, p. 37.

[4] Bassompierre, *J. Chim. Phys.*, Juillet 1954.

ainsi sécularisée en une équation du 7e ordre et deux du 2e ordre. D'autre part les états (1 s) ne se combinent que très peu aux autres états, qui sont d'énergies très différentes. Il apparaît en conséquence que l'équation du 7e ordre est sécularisée en deux équations du 1er ordre et une du 5e ordre. Les seuls niveaux remplis sont : les états (1 s), trois états σ correspondant à l'équation du 5e ordre et un état pour chacune des équations du 2e ordre.

L'opération F étant une fonction quadratique des vecteurs c_i cherchés, nous avons résolu les équations par itération. La méthode de Mayot [5] nous a permis de résoudre les équations aux valeurs propres du 5e ordre. Le champ est devenu « self-consistent » à quelques millièmes près à la 10e itération. Nous obtenons :

$$
\begin{array}{llll}
c_{33} = 0{,}165, & c_{34} = 0{,}002, & c_{35} = -0{,}159, & c_{88} = c_{10,10} = 0{,}575; \\
c_{43} = 0{,}439, & c_{44} = 0{,}001, & c_{45} = 1{,}200, & c_{98} = c_{11,10} = 0{,}657; \\
c_{53} = -0{,}388, & c_{54} = 0{,}267, & c_{55} = 0{,}189, & c_{11} = c_{22} \quad = 1; \\
c_{63} = -0{,}680, & c_{64} = 0{,}016, & c_{65} = -0{,}037; & \\
c_{73} = 0{,}324, & c_{74} = 1{,}042, & c_{75} = 0{,}484, &
\end{array}
$$

(les autres coefficients sont nuls).

Les énergies d'ionisation verticale des niveaux 8 et 5 ont été trouvées [6] expérimentalement égales à 13,7 et 26,3 eV. Nous obtenons pour ces mêmes niveaux 17,3 et 26,4 eV. L'évaluation du niveau 8 a été rendue imprécise par suite d'un effet de différenciation.

L'étude du dipôle électrique et de certains couplages quadrupolaires nucléaires nous fourniront ultérieurement d'autres moyens de confronter cette fonction d'onde avec l'expérience.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la coupure des α-aminonitriles par l'hydrure double de lithium et d'aluminium II. Coupures dues à la conjugaison.* Note de M. **Zoltan Welvart**, présentée par M. Marcel Delépine.

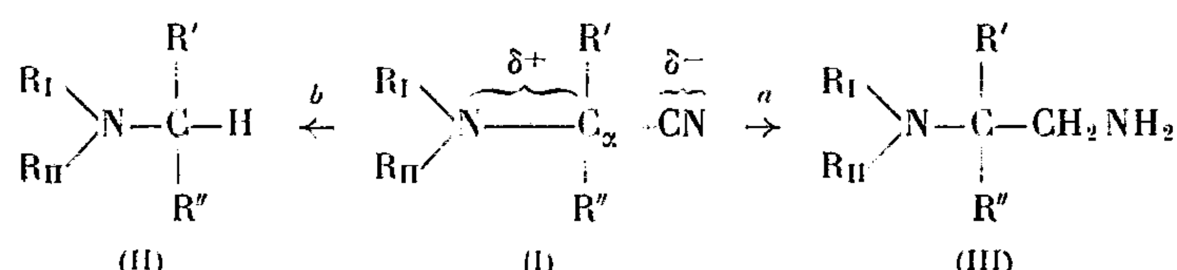
La réaction de coupure des α-aminonitriles (I) sous l'action de $LiAlH_4$ peut être due entre autres causes à l'existence d'une conjugaison entre le C_α, l'amine et l'un des substituants R_I ou R'.

Il est connu que les α-aminonitriles (I) peuvent donner des monoamines (II) et des diamines (III). Les diamines (III) proviennent de la réduction habituelle de la fonction nitrile (réaction *a*), tandis que la formation des monoamines (II) est due à une réaction de coupure (réaction *b*).

---

(5) Mayot, *Ann. Astrophys.*, 13, 1950, p. 282.
(6) Kusch, Hurtrulid et Tate, *Phys. Rev.*, 52, 1937, p. 840.

Nous avons montré précédemment [1] que si l'on effectue la réduction d'un α-aminonitrile (I) au moyen de $LiAlH_4$, l'encombrement stérique créé par certains substituants R_I et R_{II} de la fonction amine peut entraver la réduction de la fonction nitrile; dans ce cas, le résultat de la réduction est uniquement la réaction de coupure *b* [2].



Cependant, la réaction de coupure était également prévisible dans le cas où les divers substituants de la fonction amine et du carbone α augmentent la polarité de la liaison C_α—CN des α-aminonitriles (I).

On peut admettre que la polarité de la liaison C_α—CN augmente chaque fois que la charge δ^+ est répartie non seulement entre la fonction amine et le carbone α, mais entre un plus grand nombre d'atomes. Cette condition peut être réalisée par la conjugaison de ces deux atomes avec un de leurs substituants R' ou R'_I. De cette façon, la charge δ^+ va être répartie entre tous les atomes du système conjugué, qui sont, dans les cas étudiés, la fonction amine, le C_α et les carbones du noyau phényle. Une des conditions primordiales de cette conjugaison est la coplanéité de ces trois groupements, le noyau aromatique étant fixé soit sur l'azote (R_I = Ph) soit sur le carbone C_α(R' = Ph).



Les modèles atomiques (Stuart) montrent que cette coplanéité est possible dans tous les cas étudiés, lorsque le noyau phényle est un substituant de l'amine (R_1 = Ph). Nous avons effectivement constaté (*voir* tableau) que la coupure *b* a lieu dans tous les composés N-phénylés (A, B, C) indépendamment des substituants fixés sur le carbone α.

---

(1) WELVART, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2536.

(2) En ce qui concerne l'effet stérique des substituants R_I et R_{II}, nous publierons prochainement quelques résultats expérimentaux qui nous permettent d'admettre que l'effet stérique direct de ces groupements se manifeste surtout par une inhibition de la réactivité du CN. Nous montrerons également l'influence semblable des groupements R' et R'', substituants du C_α.

	Aminonitriles [3]				Réactions	
	R_I.	R_{II}.	R'.	R".	*a*.	*b*.
A..........	Ph	H	H	H	+	+
B..........	Ph	H	Ph	H	+	+ [4]
C..........	Ph	H	CH_3	CH_3	+	+
D..........	H	H	Ph	H	+	+
E..........	C_2H_5	C_2H_5	Ph	H	+	— [1]
F..........	— $(CH_2)_5$ —		Ph	H	+	— [5]

Par contre, quand le groupement phényle est fixé sur le carbone α(R' = Ph) la coplanéité ne peut exister que si la fonction amine ne porte pas de substituant. Dès que cette fonction est substituée, la coplanéité et, par conséquent, la conjugaison de C_α, N et du noyau phényle, est supprimée. En effet, nous avons constaté la réaction de coupure pour le composé D, tandis que dans le cas des composés E et F, la réaction de coupure ne se produit plus.

Ces résultats montrent nettement l'influence exercée par la polarité de la liaison C_α—CN sur l'évolution de la réduction. Ils montrent également que l'encombrement stérique créé par les substituants de la fonction amine se manifeste de deux façons : ils peuvent, dans un cas, par un effet stérique direct sur la fonction nitrile, supprimer la réduction normale *a*, dans d'autres cas, par leur effet stérique indirect, supprimer la conjugaison et par conséquent la réaction de coupure *b*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de naphtisatines sulfonées : contribution à l'étude de la réaction.* Note de M. **Ernest Cerutti**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le propanone-dioate d'éthyle, en milieu acide acétique-acétate de sodium bouillant, est vraisemblablement l'agent d'oxydation des produits intermédiaires en isatines.

Dans une première Note [1], nous avons indiqué une méthode de synthèse de naphtisatines monosulfonées. En utilisant un mode opératoire très voisin, J. Martinet [2] avait obtenu les α- et β-naphtisatines ellesmêmes. Cet auteur a montré que l'on isolait tout d'abord un éther dioxindolcarbonique-3 (I). (Nous écrirons les formules pour le cas où l'on fait réagir

---

(3) La réduction a été effectuée dans les conditions déjà décrites (1). Le rapport *a*/*b* est environ 7/3 pour les composés A, B et C. Il n'est qu'environ 8/2 pour le composé D.

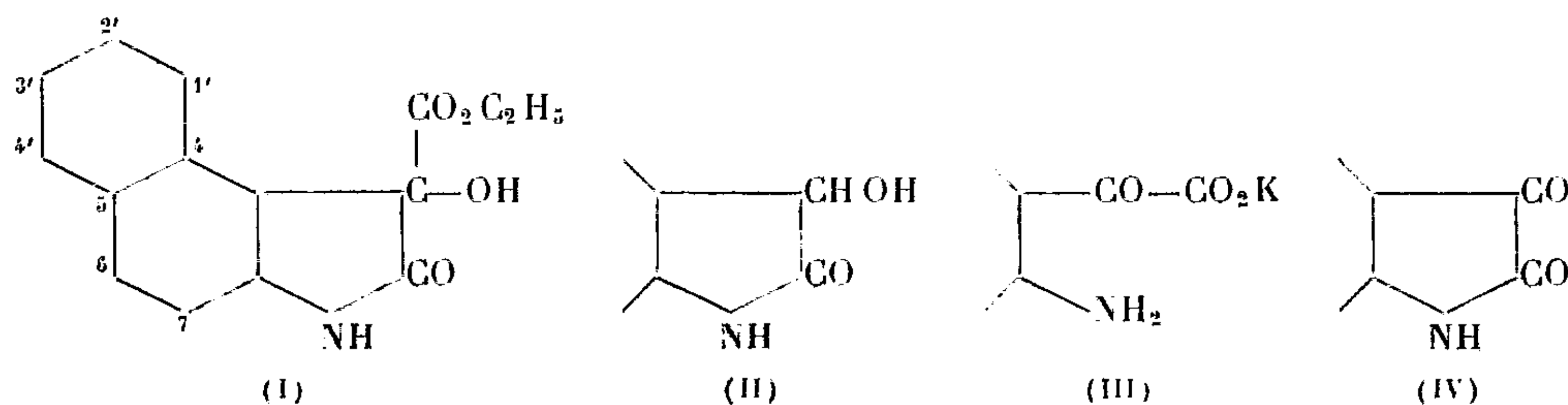
(4) Léonard, Leubner et Burch, *J. Org. Chem.*, 15, 1950, p. 979.

(5) Welvart, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1921.

(1) E. Cerutti, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2540.

(2) *Ann. Chim.*, [9], 11, 1919, p. 15.

le mésoxalate d'éthyle avec la β-naphtylamine). Une fois saponifié à l'abri de l'air, ce composé se décarboxyle en un dioxindol (II) lorsqu'on repasse en milieu acide. En milieu alcalin, ce dioxindol s'oxyde aisément à l'air en donnant finalement une solution jaune d'isatate alcalin (III). En acidifiant cette solution, l'isatine (IV) précipite.



Or, notre réaction fournit directement une isatine, sans que l'on puisse isoler de produits intermédiaires. Cela tient sans doute à ce que l'on opère, non dans l'acide acétique seul, mais dans une solution bouillante d'acétate de sodium trihydraté dans l'acide acétique. Et, de fait, si l'on condense la β-naphtylamine avec l'éther mésoxalique en présence d'acétate, il se forme bien des quantités notables de β-naphtisatine (IV). Au cours d'une telle réaction, il faut nécessairement qu'il se produise une oxydation puisque l'éther dioxindol-carbonique-3 (I) et le dioxindol (II) sont à un degré d'oxydation inférieur à celui de l'isatine.

L'oxygène de l'air ne doit pas intervenir dans la réaction, car on ne constate pas de variations sensibles de rendement en opérant en atmosphère inerte avec le sel de Broenner (amino-2-sulfo-6). Il n'y a pas non plus dismutation du dioxindol en oxindol et isatine, comme cela avait été constaté pour l'acide dioxindol-carbonique-4 ([3]). La condensation du sel de Broenner avec des quantités équimoléculaires et des quantités doubles de mésoxalate fournit des rendements moyens en isatine de 30 et 48 %. Cela pourrait s'expliquer en admettant qu'une partie de l'éther mésoxalique agisse comme oxydant.

Une première expérience nous a permis de mettre en évidence ces propriétés oxydantes, à vrai dire assez inattendues. Le benzo-4.5 dioxindol-sulfonate-3′ de sodium, obtenu par réduction hydrosulfitique de l'isatine, ne s'altère que lentement dans un mélange bouillant d'acide acétique-acétate à l'abri de l'air. Mais si l'on y ajoute de l'éther mésoxalique, il se trouve oxydé en quelques minutes et le mélange réactionnel devient rouge foncé. Si l'on part du β-naphto-dioxindol (II) lui-même, on constate aussi une oxydation très rapide en β-naphtisatine (IV); par contre, cette réaction paraît plus limitée en l'absence d'acétate.

([3]) J. VON BRAUN et J. HAHN, *Ber.*, 56, 1923, p. 2343.

.Il semble donc que l'acétate de sodium soit nécessaire pour que les propriétés oxydantes du mésoxalate d'éthyle se manifestent pleinement. Or, il se trouve que cet éther est rapidement saponifié par une solution bouillante d'acétate de sodium trihydraté dans l'acide acétique. Il se forme avec un très bon rendement du mésoxalate de sodium $(OH)_2C(COONa)_2$ qui a été identifié par dosage du sodium et par sa transformation en la phénylhydrazone de l'acide mésoxalique ([4]). Par contre, la solution bouillante acide acétique-acétate ne paraît pas agir sensiblement sur les éthers dioxindol-carbonique-3, comme l'éther β-naphto-dioxindol-carbonique-3 (I). C'est donc l'éther dioxindol-carbonique-3 lui-même qui serait oxydé par le mésoxalate d'éthyle en présence d'acétate. Ce sel est indispensable, car l'éther β-naphtodioxindol-carbonique-3 (I) n'est pas sensiblement oxydé par le mésoxalate d'éthyle en solution acétique. Il ne paraît pas l'être non plus par le mésoxalate de sodium en milieu acétique, même si l'on a soin d'ajouter suffisamment d'eau pour dissoudre ce mésoxalate.

Pour que la démonstration fût tout à fait valable, il aurait fallu opérer avec un éther α- ou β-naphto-dioxindol-carbonique-3 sulfoné. Néanmoins les diverses expériences effectuées semblent bien montrer que l'agent oxydant est un composé sans doute intermédiaire entre l'éther mésoxalique et le mésoxalate de sodium. En outre, la saponification rapide du mésoxalate d'éthyle explique les rendements assez faibles en naphtisatines sulfonées. En effet, le mésoxalate de sodium ne se condense plus avec les acides naphtylamine-sulfoniques et, d'autre part, il ne paraît pas non plus agir comme oxydant.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques propriétés des organoaluminiques α-éthyléniques et α-acétyléniques.* Note de M. **Marcel Gaudemar**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les organoaluminiques obtenus à partir du bromure de propargyle et du bromure d'allyle réagissent normalement sur les chlorures d'acides, les esters, les sels d'acides et même les acides, pour conduire à des alcools tertiaires sans intermédiaires ; ils semblent ne pas donner de réaction avec le gaz carbonique et les acétyléniques vrais.

Dans une Note précédente Prévost et Gaudemar ([1]) ont signalé la possibilité de transformer presque intégralement en organoaluminiques correspondants le bromure de propargyle et le bromure d'allyle ; il y a vraisemblablement formation du mélange en équilibre des quatre corps R_3Al, R_2AlBr, $RAlBr_2$, $AlBr_3$, tous solvatés. Pour la simplicité du langage, et par analogie avec les organo-

---

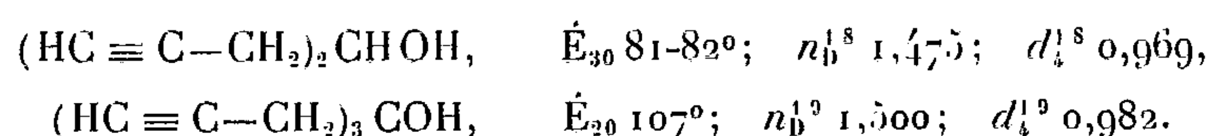
([4]) F. D. Chattaway et H. J. Harris, *J. Chem. Soc.*, 121, 1922, p. 2703.

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 282.

magnésiens, nous proposons de donner le nom de bromure d'alcoylaluminium au réactif organométallique contenant les quatre composés ci-dessus et de le représenter par : $RAl_{2/3}Br$, (solvant).

Il avait été montré que le bromure de propargylaluminium et le bromure d'allylaluminium se condensaient régulièrement aux aldéhydes et aux cétones pour engendrer des alcools secondaires ou tertiaires avec d'excellents rendements; il nous a paru intéressant d'étudier les propriétés de ces composés organométalliques nouveaux afin de préciser les possibilités qu'ils peuvent offrir en synthèse.

Les réactions sur le formiate d'éthyle et le chloroformiate d'éthyle nous ont permis d'obtenir les alcools suivants : diallycarbinol, triallylcarbinol, dipropargylcarbinol et tripropargylcarbinol. Dans les mêmes conditions, le bromure de propargylmagnésium ne nous avait pas permis de réussir la préparation de ces deux derniers alcools. Ceux-ci sont nouveaux; voici leurs constantes :



$(HC \equiv C-CH_2)_2CHOH$, $É_{30}$ 81-82°; n_D^{18} 1,475; d_4^{18} 0,969,

$(HC \equiv C-CH_2)_3COH$, $É_{20}$ 107°; n_D^{19} 1,500; d_4^{19} 0,982.

Les bromures d'allyl- et propargylaluminium se condensent régulièrement à l'acétate d'éthyle ; il se forme le méthyldiallylcarbinol et le méthyldipropargylcarbinol ; celui-ci n'était pas connu.



$(HC \equiv C-CH_2)_2COH-CH_3$, $É_{16}$ 68°; n_D^{17} 1,471; d_4^{17} 0,944.

Dans tous les cas les rendements ont été supérieurs à 60 %.

Avec des rendements légèrement inférieurs, les deux alcools précédents ont été obtenus par action des réactifs aluminiques sur le chlorure d'acétyle, l'acide acétique et l'acétate de sodium.

Nous avions espéré pouvoir limiter les réactions aux stades intermédiaires en introduisant l'aluminique dans un excès de réactif; ces essais, conduits à diverses températures variant de —40° à 0° ont montré que la réaction ou bien était nulle ou bien conduisait directement à l'alcool tertiaire.

Les acétyléniques vrais et le gaz carbonique ne semblent pas réagir sur les organoaluminiques, même dans des solvants à point d'ébullition plus élevé que celui de l'éther. Nous n'avons pas réussi à condenser les nitriles en imines ou en cétones; il y a polymérisation du nitrile, tout au moins dans les conditions de nos essais. Enfin les divers solvants convenant à la préparation des organomagnésiens sont parfaitement utilisables pour l'obtention des organoaluminiques solvatés.

Nous nous attachons maintenant à généraliser la méthode ; les homologues supérieurs du bromure de propargyle, primaires ou secondaires, et dont

certains ne donnent pas de magnésien, attaquent régulièrement l'aluminium dans l'éther anhydre pour engendrer un dérivé métallique.

Il résulte de ces premières expériences que le domaine d'utilisation des aluminiques semble plus restreint que celui des magnésiens ; toutefois dans ce domaine nos réactifs se montrent d'un emploi plus avantageux.

GÉOLOGIE. — *Les transgressions du Lias sur le glacis de Thouars.*

Note de M. **Jean Gabilly**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Sur la bordure N-E du Massif Vendéen, l'examen détaillé des affleurements du Lias permet de reconstituer la morphologie de l'ancien littoral toarcien d'une part, et celle de la pénéplaine permotriasique d'autre part. Cette étude nous amène également à distinguer plusieurs étapes dans la transgression du Lias supérieur sur le socle primaire.

On observe des pointements granulitiques à travers les sédiments du Lias à Louin, Airvault, Soulièvres, Availles-Thouarsais, Saint-Varent et Ligron. Ce sont le plus souvent, des pitons ou des aiguilles rocheuses de dimensions assez réduites (en coupe : 5 à 8 m de haut sur 10 à 50 m de long). Ils présentent de nombreuses anfractuosités comblées par des formations bréchiques qui renferment toute une faune de Gastropodes littoraux. D'autres exemples de pitons rocheux recoupant les assises du Lias ont été figurés par A. Fournier (1) sur les coupes des tranchées de l'ancienne ligne Paris-Bordeaux (tranchées de Saint-Jacques de Thouars et de Bouillé Saint-Varent). Plus récemment, G. Mathieu (2) a décrit un récif fossile entre Airvault et Soulièvres. Depuis Saint-Loup-sur-Thouet jusqu'à Ligron, il y avait donc, au Lias supérieur, une *côte rocheuse de type atlantique* approximativement perpendiculaire à la direction sudarmoricaine des plissements primaires et présentant de nombreux îlots et récifs en avant du rivage.

Par contre, au niveau des schistes du Briovérien de Démoulines en Airvault, et du Chillou, la surface du socle est régulièrement aplanie comme l'avait déjà remarqué J. Welsch (3) à Thouars et à Vrines. Suivant J. Bourcart (4), une telle surface de discordance avec pitons granulitiques et schistes parfaitement nivelés, représente une topographie ancienne due à l'érosion subaérienne et qui daterait donc ici du Permo-Trias. Ce type de relief paraît bien correspondre à un climat subdésertique et se trouve fossilisé sous les sédiments du Lias.

L'invasion de la pénéplaine permotriasique s'est faite progressivement,

(1) *Lignes Chem. Fer. Poitou.*, Ch. Reversé, Saint-Maixent, 1891.

(2) *Bull. Soc. géol. Fr.*, (5), 18, 1948, p. 478.

(3) *Mém. Soc. Sc. Nat. Deux-Sèvres*, Niort, 1911, p. 24-25.

(4) *Les Frontières de l'Océan*, Albin Michel, Paris 1952, p. 166-67.

après l'ouverture, au Domérien, du Détroit poitevin. Il semble y avoir eu d'abord deux golfes au Charmouthien supérieur et à la base du Toarcien : l'un dans la région de Thouars, Vrines et Ligron, l'autre, plus au Sud, de Lamairé à Louin. Les sédiments détritiques grossiers qui s'y sont déposés ont donné des grès et des poudingues à galets de quartz dont l'ensemble constitue le « *grison de Thouars* ».

Puis, au Toarcien, la mer a débordé vers l'Ouest atteignant Cersay, Saint-Varent et Amailloux ([5]). La transgression du Toarcien s'est donc étendue plus loin qu'on ne l'avait tout d'abord supposé, sauf dans la région comprise entre les deux golfes domériens. Dans cet intervalle, on observe une série de faciès spéciaux : brèches à gastropodes au Toarcien inférieur, calcaire à entroques au Toarcien moyen, lumachelles à grands lamellibranches au Toarcien supérieur. Les zones à *Harpoceras falciferum* et à *Hildoceras bifrons* sont parfois très minces (région d'Airvault et d'Availles) mais toujours présentes.

Au début de l'Aalénien, il y a encore eu un nouveau recul de tout le littoral en direction d'Argenton-Château et de Bressuire. A Massais et au Breuil-sous-Argenton, on rencontre en effet à la surface de la granulite des blocs épars qui renferment parfois des Ammonites de l'Aalénien inférieur (*Pleydellia mactra*). A partir de la zone à *Pleydellia aalense*, d'autre part, le faciès marneux devient uniforme dans toute la région, même dans le secteur des récifs toarciens. Ceux-ci ont été complètement recouverts par les marno-calcaires à *Lioceras opalinum*.

Progressant d'Est en Ouest, les mers du Lias supérieur ont donc envahi peu à peu une pénéplaine dont les *monadnocks* granulitiques ont formé jusqu'à l'Aalénien inférieur des récifs le long de la côte. Des phénomènes analogues décrits par A. Bigot ([6]) ont marqué la transgression du Lias sur le Bocage Normand. Par conséquent, les deux extrémités Nord et Sud du Massif Armoricain présentaient au Domérien une morphologie semblable.

GÉOLOGIE. — *Traces d'actions périglaciaires anciennes dans l'île d'Oléron.*

Note de Mlle **Ruth Fridman**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La présence d'un « *head* » cryoturbé dans le Nord de l'île d'Oléron, ainsi que celle de sables et de cailloux façonnés par le vent, indiquent que ce territoire s'est trouvé soumis à des actions périglaciaires intenses, liées probablement à la dernière phase glaciaire — peu avant l'Holocène.

On trouve dans l'île d'Oléron des traces multiples d'une action éolienne liée à un climat froid; elles y sont assez marquées et dispersées pour attester

([5]) G. Mathieu, *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, 51, n° 239, 1953, p. 58.

([6]) *La Basse-Normandie*, Caen, 1942, p. 36.

un phénomène général, très certainement antérieur à la séparation de cette île d'avec le continent.

Ce n'est guère qu'autour de la pointe Nord de l'île, aux côtes rocheuses taillées en falaise, que l'on peut observer les couches sous-jacentes aux dunes actuelles, ainsi que dans de rares carrières.

1. *Le « head »*. — On peut suivre un « *head* » typique, de la digue du Douhet, où il surmonte le Portlandien supérieur (calcaire lithographique), jusqu'à Chaucre, où il se trouve sur un calcaire cénomanien blanc à organismes; à l'Ouest de Chassiron, il repose sur du calcaire lithographique en plaquettes (Portlandien inférieur). Partout, il consiste en fragments de la roche sous-jacente noyés dans un matériel plus fin. Les différences locales de composition laissent pressentir que ce « *head* » résulte essentiellement de la dégradation sur place par le gel, des couches géologiques superficielles, sans cheminement accentué du matériel.

L'écoulement semble plus marqué au voisinage des vallons : un matériel, trop peu mobile pour donner lieu, sur les surfaces de faible pente, au glissement généralisé d'une nappe, était capable de s'accumuler dans les dépressions, après avoir coulé sur leur flanc. Le déplacement, limité, du sol a donc été commandé par les pentes du modelé préexistant, en partie conservé d'ailleurs grâce au « *head* ». L'épaisseur très variable de la couche, et le fait, plus significatif encore, que le dépôt s'interrompt avec le relèvement du relief sous-jacent, alors qu'il emplit les zones déprimées, confirment l'origine autochtone du « *head* ». Le passage très progressif de la roche en place fissurée (il s'agit de calcaires et de marnes tendres et gélifs) au « *head* » qui la surmonte appuie cette interprétation.

2. *Cryoturbation superficielle.* — En bien des gisements, la surface du « *head* » présente des traces manifestes de cryoturbation : festons si réguliers par endroits qu'ils évoquent des coupes de sol polygonal, dont les éléments auraient environ 80 cm de diamètre. Les études de pédologie en climat froid ont montré que les modifications du sol, sous l'effet du gel et des phénomènes connexes (émiettement des roches, solifluxion due à la présence d'un tréfonds gelé : « *tjäle* » des Scandinaves, etc.), n'affectent guère qu'une épaisseur de 1 à 3 m. C'est bien l'ordre de grandeur atteint ici, dans les cas où l'on peut observer à la fois la partie supérieure, cryoturbée, du « *head* » et la base de ce dépôt.

D'autres exemples de solifluxion, bien que typiques, ne seront pas détaillés ici.

3. *Sables et cailloux façonnés par le vent.* — Le « *head* » a été profondément raviné par endroits. Sa dégradation paraît s'être opérée peu de temps après l'élaboration des sols, dont l'érosion a été fixée, à des stades divers, par une couverture de sable d'aspect et de nature fort variables suivant les lieux : sables fauves éolisés ou gravier sableux, parfois très riche en fer

et en argile. Ce dernier emplit des poches creusées dans le « *head* »; leur profondeur dépasse parfois 1 m; leur largeur, très variable, peut atteindre 6 m; certaines de ces poches, étroites et longues, doivent dériver de fentes en coin produites par le gel. Tous ces dépôts sont antérieurs à la dune actuelle, et semblent être à peu près contemporains : chacun repose, à l'occasion, sur le sol cryoturbé. Ceci porte à croire que leur dépôt s'est effectué très rapidement, et qu'il a suivi de peu les derniers effets importants d'un gel superficiel.

Sauf le gravier de Chassiron, dont les grains anguleux s'accompagnent de mica, ces sables renferment une proportion notable de grains de quartz éolisés : la fraction comprise entre 0,49 et 0,9 mm en comporte 35 à 87 %, dont beaucoup sont ronds-mats.

Des traces d'éolisation tout aussi évidentes existent également sur une grande partie des grains plus gros. Et quand la matrice du « *head* », très calcaire, visiblement composée de roche locale très écrasée, comporte quelques grains de quartz, ceux-ci sont en majorité façonnés par le vent.

La présence de tels grains est bien connue pour des régions voisines : Vendée, île de Ré, divers points de la Saintonge, du Bordelais et des Landes; des gisements de cailloux éolisés y ont également été signalés, mais ils y sont plus rares (1).

Ces phénomènes sont liés à un climat froid, dans une zone éloignée de tout glacier : les plus rapprochés de la région qui nous occupe avaient été ceux des Alpes, et peut-être encore ceux du Massif Central. Il s'agit donc ici de ce que A. Cailleux (2) appelle « actions périglaciaires lointaines ».

A l'époque où l'île d'Oléron les subissait, la transgression flandrienne n'était certes pas encore assez avancée pour que le niveau moyen de la mer ait atteint la cote — 20. Le continent se prolongeait donc alors vers l'Ouest par une vaste zone d'épandage encore proche de la mer, pourvoyeuse de sable. Sur un tel désert froid, les dépôts pouvaient s'uniformiser sur une grande étendue, relativement peu accidentée en dehors des reliefs qui correspondent aux îles actuelles; ainsi peut s'expliquer l'intensité des actions éoliennes flandriennes connues dans toute la région.

Les cailloux polis par le vent, plus rares, sont généralement inclus dans des sables à éléments éolisés; mais les plus beaux proviennent du gravier roux anguleux du Nord de l'île; ils sont de quartz, de coloration variée. Bien que l'on en ait signalé dans la région, il ne semble pas que l'on en ait cité, jusqu'à présent, pour l'île. Or le poli éolien, relativement fragile, disparaît dès que les galets qui le portent sont remaniés; Cailleux en a

(1) *Cf.* la carte de CAILLEUX *in Bull. coll. Carte géol. Fr.*, n° 240, 51, 1953, p. 1-24.

(2) *Les actions éoliennes périglaciaires en Europe*, *Mém. Soc. géol. Fr.*, nouvelle série, n° 46, Paris, 1942.

conclu que des cailloux éolisés ne pouvaient donc provenir, avec quasi-certitude, que de la dernière phase éolienne en un lieu donné. C'est la présence de tels cailloux qui incite à ne faire remonter les phénomènes signalés ici qu'à la période postérieure à la dernière phase glaciaire, excepté peut-être le faciès éolien des grains de quartz, qu'un épisode climatique analogue avait déjà pu modeler : ainsi s'expliquerait mieux la présence de grains ronds-mats dans la masse même du « *head* ».

Une pointe néolithique recueillie dans l'un des sables ne peut introduire, pour l'instant, aucune précision chronologique.

PHYSIQUE DE L'ATMOSPHÈRE. — *Relations entre l'ozone atmosphérique et les orages*. Note de Mme **Arlette Vassy**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'enregistrement continu de la concentration en ozone de l'air au voisinage du sol, comparé à l'enregistrement continu également d'un compteur de décharges orageuses, a montré une augmentation de cette concentration pendant les périodes d'orage. Les enregistrements ont permis de mettre en évidence le fait que la brusque croissance de la concentration précède toujours les premières décharges, de 3 h 30 en moyenne.

Un appareil enregistreur pour le dosage de la concentration en ozone de l'air au niveau du sol ([1]) fonctionne depuis le mois d'octobre 1953, sans interruption (sauf quelques heures pour le nettoyage) à la station scientifique du Val-Joyeux. L'intérêt de cet enregistrement continu est d'essayer de voir quels facteurs influent sur cette concentration qui est extrêmement variable au cours du temps; les variations sont le plus souvent d'apparence irrégulière; les valeurs obtenues oscillent entre une valeur quasinulle et $7{,}3.10^{-8}$ (concentration en volumes), valeur maximum obtenue le 8 juillet 1954 à 19 h; les valeurs les plus souvent rencontrées vont de $0{,}6.10^{-8}$ à 2.10^{-8}. Nous enregistrons simultanément la vitesse et la direction du vent.

A la même station fonctionne également depuis le 21 mai 1954 un appareil pour l'enregistrement des décharges orageuses; cet appareil construit au Laboratoire National de Radioélectricité ([2]) enregistre les décharges par l'intermédiaire des ondes radioélectriques de grande longueur d'onde qui leur sont associées; l'appareil est accordé sur 30 km. Le but du présent travail est la recherche des relations entre la concentration en ozone et les orages.

On sait en effet que Dobson ([3]) a le premier observé, pendant les orages, une augmentation considérable de la quantité d'ozone atmosphérique, la

([1]) J. Carbenay et A. Vassy, *Ann. Géophys.*, 9, 1953, p. 300.
([2]) G. Foldes, *Notes préliminaires du L. N. R.*, n° 148, 1951.
([3]) G. M. B. Dobson, *Proc. Roy. Soc.*, 185, 1946, p. 144.

mesure étant faite sur la totalité de l'ozone présent dans l'atmosphère au-dessus du lieu d'observation. Le phénomène est dans ce cas rendu difficilement observable par le fait que l'augmentation d'ozone due à l'orage est noyée dans l'épaisseur totale, et nous avons de plus voulu voir si cette augmentation était sensible au niveau du sol.

Pour examiner le problème d'une manière un peu générale, nous avons relevé sur les *Bulletins Quotidiens de Renseignements de la Météorologie Nationale* les orages observés dans un rayon ne dépassant pas 800 km autour de la station. En comparant avec le compteur de décharges orageuses, nous constatons que ce compteur a fonctionné dans 50 % environ des cas, la distance de l'orage ne paraissant pas intervenir de façon nette. Naturellement, la sensibilité de l'instrument limite le nombre d'orages enregistrés. En comparant avec l'enregistreur d'ozone, nous voyons que dans 82 % des cas d'orages mentionnés au *Bulletin*, on observe une croissance rapide et importante de la concentration en ozone, croissance précédant les manifestations orageuses; l'heure du début de cette croissance se détermine facilement sur l'enregistrement.

Pour avoir une idée de l'avance de l'augmentation de la concentration en ozone par rapport aux décharges, nous avons relevé les heures de ces dernières sur l'enregistrement du compteur d'éclairs; cette avance est en moyenne de 3 h 30 mn, ce résultat portant sur une trentaine de périodes orageuses; on note naturellement l'heure de la première décharge s'il y en a une série.

Pour être complet, ajoutons que le compteur d'éclairs a enregistré des décharges dans quelques cas où aucun orage n'est signalé au *Bulletin quotidien de Renseignements*, en particulier si l'heure n'est pas celle des observations, c'est-à-dire 18 h et 6 h T. U.; mais alors on constate que ces décharges coïncident avec le passage d'un front froid dans la région de la station; elles accompagnent aussi des augmentations d'ozone, présentant également une avance de 3 h environ sur le moment des décharges.

Le décalage entre la croissance de l'ozone et la formation des éclairs s'expliquerait si l'on supposait que l'ozone est formé pendant la période de croissance des cumulonimbus, avant le stade de maturité qui donne naissance aux éclairs; mais nous voyons une difficulté dans le fait que nous observons cette croissance même pour des orages distants. Si la formation d'ozone est due à l'état électrique du nuage orageux, on voit mal comment l'effet peut être ressenti à plus de 100 km. Nous pouvons en effet envisager deux hypothèses : ou bien l'ozone est transporté depuis le nuage par les mouvements d'air descendant se produisant à partir du CuNb s'ils s'étendent assez loin; ou bien l'ozone est formé sur place grâce au champ électrique intense régnant près du sol en période de mauvais temps, ou par temps orageux. Pour choisir entre ces deux hypo-

thèses, il faudrait connaître des données qui font défaut dans l'un et l'autre cas; en effet on sait seulement qu'il y a des mouvements d'air descendant à partir du CuNb et progressant en avant de lui ([4]) et ce courant descendant, appelé dôme d'air froid, intéresserait une étendue limitée à quelques kilomètres. Nos travaux sont poursuivis pour essayer de préciser ces points. Notons que les orages d'hiver ne sont pas accompagnés de l'augmentation d'ozone que nous avons relatée ici.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Présence de la δ-yohimbine dans* Lochnera lancea *(Boj. ex A.DC) K. Schum. ou* Vinca lancea *Boj. (ex A. DC).* Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Jean Le Men**, présentée par M. Marcel Delépine.

Lochnera lancea K. Schum. (Apocynacées) (plante décrite par Bojer sous les noms de *Vinca lancea* et *Vinca montana*) est une pervenche endémique à Madagascar, connue sous le nom vernaculaire de *Vonenia*. Poussant aussi bien en forêt que dans les brousses sèches ou les prairies humides, cette plante herbacée d'une trentaine de centimètres de hauteur, fleurit d'octobre à mai. Elle est fixée au sol par une racine pivotante assez forte (longueur, 10-15 cm; diamètre, 0,7 cm en moyenne), de couleur jaunâtre, à cassure nette.

Ces racines, de saveur très amère, sont utilisées par les malgaches en infusion ou décoction comme purgatives et vermifuges, ou en mastication pour combattre les névralgies dentaires.

Par son port, *Lochnera lancea* est proche de *Lochnera rosea* Reichb. (*Vinca rosea* L.). Cette dernière pervenche répandue dans toutes les régions tropicales a fait l'objet d'un récent travail ([1]). Elle renferme dans ses différentes parties un alcaloïde $C_{21}H_{26}O_3N_2$ cristallisé, indolique, à propriétés sympatholytiques, dénommé vincéine.

Poursuivant notre étude générale sur la composition chimique des pervenches, nous avons analysé un échantillon de *Lochnera lancea* récolté à Madagascar.

La poudre alcalinisée par l'ammoniaque est extraite par l'éther; la solution éthérée est épuisée par une solution chlorhydrique; les alcaloïdes sont déplacés par l'ammoniaque et extraits par l'éther.

La teneur en alcaloïdes totaux des parties aériennes (tiges et feuilles) est de 0,55 %, celle des racines est de 1,3 %. Dans un cas comme dans l'autre, ces bases brutes mises en solution dans le benzène et chromatographiées sur alumine, ont fourni par élution avec le même solvant, un même alcaloïde cristallisé blanc, qui est purifié par cristallisation dans le méthanol et subli-

([4]) H. R. Byers, *The Thunderstorm*, Washington, 1949.

([1]) R. Paris et H. Moyse-Mignon, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1993.

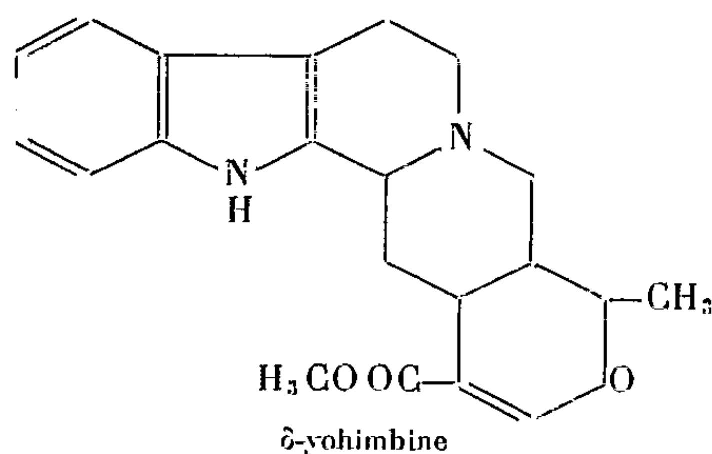
mation dans le vide. Il répond à la formule $C_{21}H_{24}O_3N_2$. P. M. 352,42; calculé %, C 71,57; H 6,86; N 7,95; OCH_3 8,8; trouvé %, C 71,5; H 7,0; N 8,1; OCH_3 8,8.

Nous résumons dans le tableau quelques-unes des constantes trouvées pour cet alcaloïde (3e ligne) et celles publiées pour la δ-yohimdine (2), d'une part (1re ligne) et d'autre part (2e ligne), pour la py-tetrahydroserpentine (3) ou Ajmalicine (4) (identifiée à la δ-yohimbine).

		Spectre ultraviolet								Spectre infrarouge bandes d'absorption
		maximum		inflexion		minimum		maximum		
F.	$[\alpha]_D$ (pyridine).	$\lambda_{m\mu}$.	log ε.	$\lambda_{m\mu}$.	log ε.	$\lambda_{m\mu}$.	log ε.	$\lambda_{m\mu}$.	log ε.	(μ).
253-254....	−50°	226	4,64	250	4,1	264	3,9	282	3,94	2,9; 5,9; 6,2; 9; 13,4
258-259....	−47°	226	4,7	250	4,0	262	3,8	281	3,9	–
260-261....	−60°(± 4°)	228	4,70	250	4,1	264	3,95	280	3,97	2,9; 5,9; 6,2; 9; 13,4

Le spectre infrarouge publié par Goutarel et Le Hir (2) pour la δ-yohimbine est superposable à celui obtenu avec notre alcaloïde, avec ses deux bandes à 5,9 et 6,2 μ caractéristiques du type ROOC—C=CH—O—C (5).

On peut donc affirmer que l'alcaloïde cristallisé extrait de *Lochnera lancea* est identique à l'Ajmalicine (3) provenant de *Rauwolfia serpentina* Benth., elle-même identique à la δ-yohimbine (6) extraite de l'écorce de diverses espèces de Yohimbé.



δ-yohimbine

Cette nouvelle identification d'un alcaloïde du groupe yohimbique, jointe au fait précédemment signalé (7) que *Vinca major* L. renferme de la réserpinine

(2) R. Goutarel et A. Le Hir, *Bull. Soc. Chim.*, 1951, p. 909-910.

(3) F. L. Weisenborn, M. Moore et P. A. Diassi, *Chem. and Ind.*, 1954, p. 375.

(4) M. W. Klohs, M. D. Draper, F. Keller, W. Malesh et F. J. Petracek, *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 1332.

(5) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Bull. Soc. Chim.*, 1951, p. 588; F. E. Bader, *Helv. Chim. Acta*, 36, 1953, p. 215.

(6) A. Hofmann, *Helv. Chim. Acta*, 37, 1954, p. 849.

(7) M.-M. Janot et J. Le Men, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2550.

ou méthoxy-11 δ-yohimbine (également extraite de *Rauwolfia serpentina* Benth.), mérite d'être signalée, ce qui crée une parenté chimique indiscutable entre les genres *Rauwolfia* et *Vinca* de la même famille des Apocynacées.

ACOUSTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la nuisance du bruit décelée par les potentiels recueillis en dérivation bi-occipitale.* Note de MM. **François Canac** et **Benjamin Bladier**, présentée par M. Jean Cabannes.

On a enregistré les potentiels recueillis en dérivation bi-occipitale, et les yeux fermés, de six sujets humains apparemment sains, avant et après les avoir soumis pendant environ 20 mn à un bruit blanc de 80 db ± 10 db de moyenne, pour des fréquences comprises entre 50 et 10 000 Hz. Ce bruit a été obtenu en plaçant sur une plaque d'aluminium, de 5 mm d'épaisseur et de 1,25 m² de surface, une machine à frapper standardisée [1].

Nous avons choisi pour donner un aperçu des différents aspects des tracés obtenus; trois passages correspondant respectivement à des ondes α (environ 10,5 Hz) puis à des ondes dont la fréquence est moins bien définie et enfin à une faible activité corticale (silence électrique); nous appelons ceux-ci : A, B, C, avant le bruit; E, F, G, quelques secondes après le bruit; I, J, K, 5 mn après le bruit et enfin M, N, O, 15 mn après le bruit. Tous ces tracés, relatifs à un même sujet sont obtenus avec le même gain d'amplification d'un appareil [2], dont le bruit de fond est réduit à l'épaisseur du trait des tracés. Les électrodes placées sur le sujet n'ont été ni déplacées, ni humidifiées au cours de l'expérience.

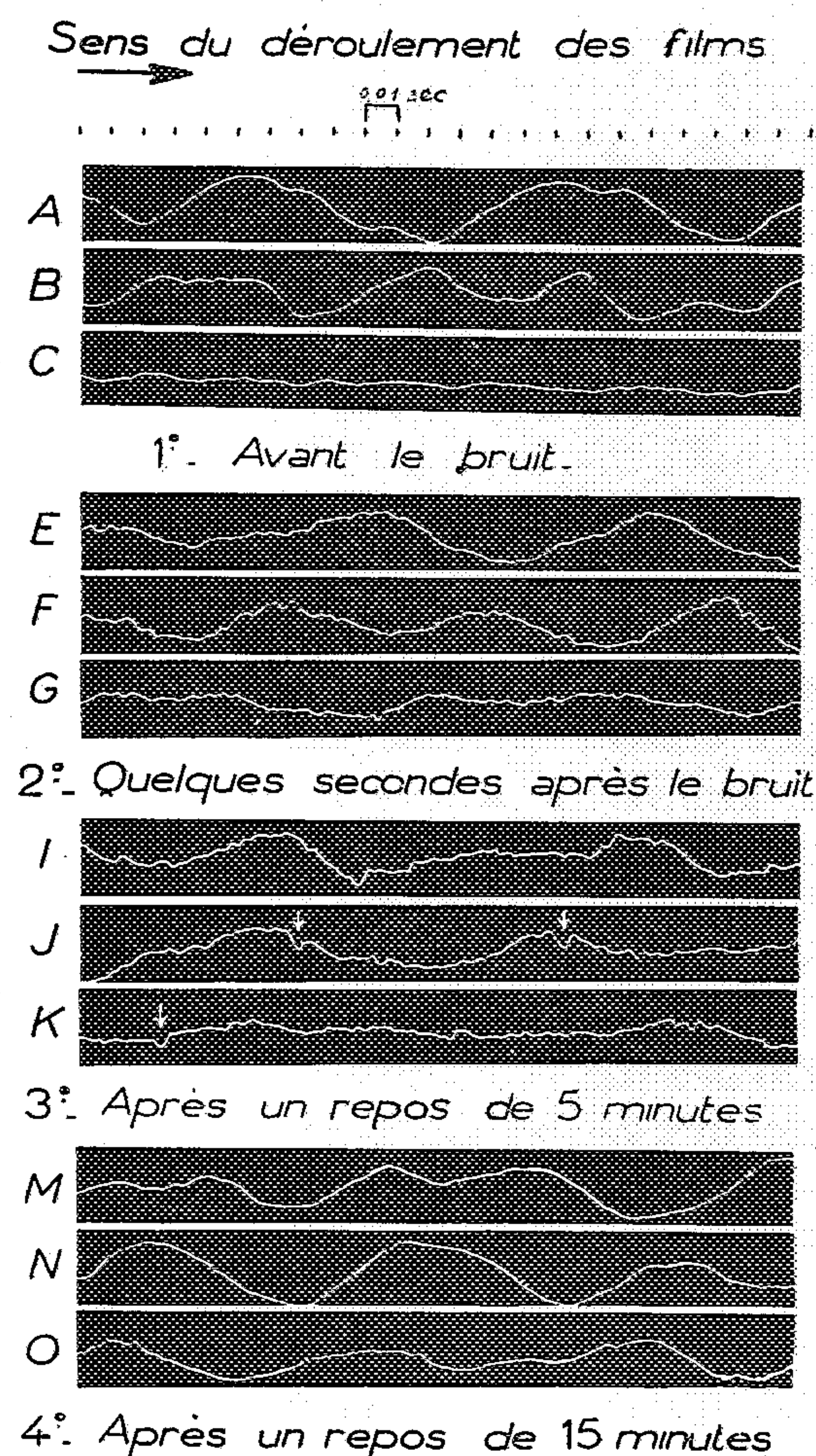
Comparativement aux tracés ABC, la nuisance du bruit se traduit sur les tracés E, F, G, I, J, K, par l'apparition nette de dentelures irrégulières formées, suivant les sujets de lignes brisées, parties abruptes, paliers, créneaux, pointes et petites oscillations d'aspect sinusoïdal. Tous ces accidents, superposés aux ondes de l'électro-encéphalogramme, persistent lorsque l'activité électrique corticale est très faible. Cet effet de nuisance n'est ni sporadique, ni continu, il se manifeste par vagues ou bouffées irrégulières mal définies, qui passent, pour certains sujets, par un maximum d'intensité immédiatement après le bruit, alors que pour d'autres, ce maximum ne semble atteint qu'après plusieurs minutes de repos après le bruit (exemple figure 3 où les dentelures des tracés I, J, K, non seulement persistent 5 mn après le bruit, mais paraissent plus amples que celles des tracés obtenus immédiatement après le bruit E, F, G). La durée de

---

(1) Conforme aux règlements du Colloque Internationnal d'Acoustique Architecturale de Marseille, *C. R. S. I. M.*, avril 1950, p. 19.

(2) B. Bladier, *Acustica*, 2, n° 1, 1952; *Les bruits de fond dans les amplificateurs*; *C. R. S. I. M.* Note n° 322, 1952.

cette réponse s'atténue en fonction du temps et ne disparaît qu'après un repos de 10 à 20 mn (sur la figure 4 on remarque que les tracés M, N, O, obtenus après un repos de 15 mn après le bruit, sont devenus semblables aux tracés A, B, C, obtenus avant le bruit).



Les activités de ces manifestations paraissent provenir d'origines différentes :

1° Les accidents en forme de pointes (repérés par des flèches sur les tracés) que l'on retrouve sur les tracés de tous les sujets après le bruit et, très rarement avant le bruit, semblent d'origine entra-encéphalique. Leurs caractéristiques, durée de l'ordre de 5 ms, amplitude d'environ 4 μV, leurs répartitions désordonnées et leurs aspects à sommet unique, les rendent semblables aux potentiels de fibre, traduisant une activité musculaire involontaire et spontanée. D'autres accidents moins nets, semblent traduire également une activité semblable, mais abortive.

2° Certains passages d'aspect sinusoïdal et de caractères discontinus pourraient provenir d'origine encéphalique. Comptés sur deux ou trois oscillations, on trouve des rythmes divers; toutefois ceux-ci semblent exister sur les tracés obtenus avant le bruit, mais leur amplitude trop faible, les rend douteux. La nuisance causée par le bruit permet de mieux les extérioriser, on y remarque des composantes différentes suivant les sujets qui se situent pour celui étudié, figure 2, aux environs des fréquences 150, 200, 250 et 380 Hz; plus élevées que celles trouvées par l'analyse ([3]). Enfin la présence dans les tracés de lignes brisées, de créneaux, etc. suggère l'existence de composantes encore plus élevées.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Une nouvelle méthode pour déterminer la courbe d'absorption du pourpre rétinien.* Note (*) de M. **Eric J. Denton**, présentée par M. Louis Fage.

Le dichroïsme des bâtonnets, découvert par Schmidt ([1]), nous fournit une méthode nouvelle pour déterminer la courbe d'absorption des bâtonnets. On se sert dans ce but de la préparation déjà décrite [Denton ([2])]. Après avoir disséqué une rétine d'animal sous l'éclairage d'une lampe rouge dans du liquide de Ringer, on la plie en deux et on la place dans le même liquide dans une petite chambre sur une lamelle porte-objet. La chambre est couverte par une lamelle couvre-objet. Au bout de la préparation, près du pli, les bâtonnets sont couchés sur le côté, l'un sur l'autre et la plupart sont alignés perpendiculairement au pli. On choisit dans cette préparation une portion uniforme et où l'effet dichroïque soit bien net; on projette l'image de cette région sur une fente étroite. De l'autre côté de la fente il y a un photomultiplicateur dont le courant de sortie est mesuré à l'aide d'un amplificateur et d'un voltmètre. On mesure la différence de densité optique correspondant aux deux portions du plan de vibration, l'un perpendiculaire aux bâtonnets et l'autre parallèle.

La figure montre quelques résultats des mesures qui ont été faites de cette manière sur des rétines de *Salamandra Maculosa*. Parmi les courbes, six sont relatives à des rétines qui n'étaient pas décolorées et deux à des rétines préalablement décolorées par de la lumière blanche.

Ces courbes montrent que la plus grande partie du dichroïsme des bâtonnets est causée par le pourpre rétinien. Les fragments des molécules

---

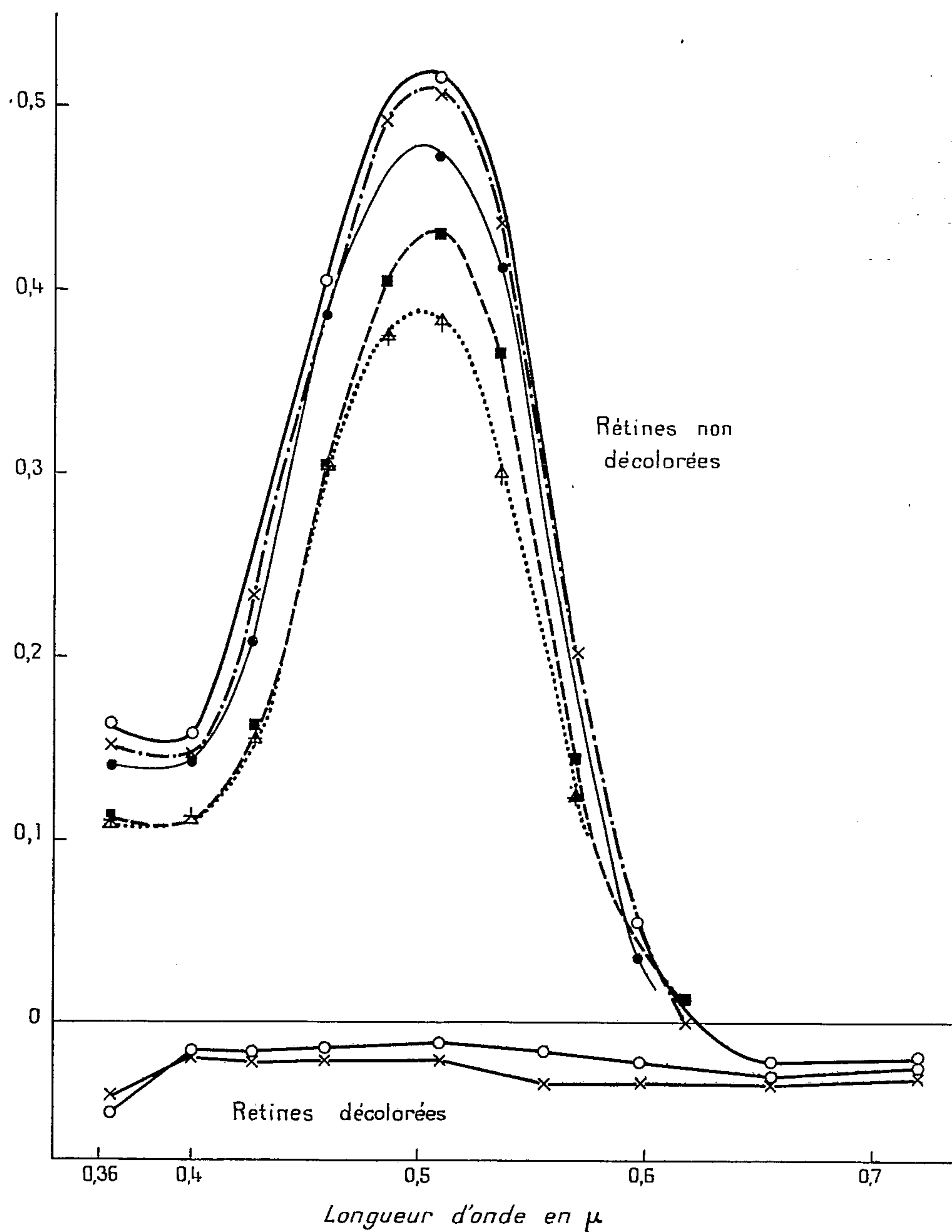
([3]) Y. Labrouste et B. Bladier, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 898.

(*) Séance du 8 novembre 1954.

([1]) *Kolloidzschr*, 85, 1938, p. 137.

([2]) *J. Physiol.*, 124, 1954, p. 16-17.

du pourpre rétinien qui absorbent dans le visible et dans le proche ultra-violet sont alignés perpendiculairement à l'axe des bâtonnets [Denton ([3])].



Variation en fonction de la longueur d'onde (en abscisses) de la différence de densité suivant les deux orientations du plan de vibration (en ordonnées). Pour la rétine qui n'est pas décolorée l'absorption de la lumière verte (par exemple) est plus grande quand la vibration est perpendiculaire aux axes des bâtonnets, ici positif. Les rétines décolorées montrent pour toutes les longueurs d'onde un dichroïsme dans un sens contraire, ici négatif.

([3]) *J. Physiol.*, **124**, 1954, p. 17-18.

ANTHROPOLOGIE. — *Recherches sur l'anthropologie des Françaises.* Note de Mlle **Suzanne de Félice**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une Note parue il y a 43 ans [1], Marie et Mac-Auliffe publiaient un tableau de nombres comprenant 12 mesures portant sur 255 Françaises ; c'était le premier travail sur l'anthropologie des Femmes.

Depuis, alors que plusieurs travaux importants ont été faits à l'Étranger sur la population féminine, aucun autre travail n'avait été effectué sur les Françaises, pourtant les premières en date à avoir attiré l'attention.

Pour remédier à cette lacune, nous avons étudié en détail 140 Françaises, provenant d'à peu près toute la France, normales, âgées de 20 ans 2 jours à 48 ans 11 mois, nées de parents et grands-parents français (6 seulement ayant un aïeul étranger) et appartenant principalement aux milieux médicaux ou universitaires : médecins, infirmières, masseuses, puéricultrices, assistantes sociales, professeurs, institutrices, étudiantes, assistantes de laboratoire, bibliothécaires, secrétaires, dactylographes, etc., à qui il faut adjoindre une vingtaine de femmes sans profession ou de professions diverses (3 ouvrières seulement).

Sur chacune de ces femmes, 118 caractères métriques et 23 caractères descriptifs ont été recueillis (19 740 données au total).

Le tableau ci-dessous exprime nos principaux résultats [2] :

	N.	M ± σ_M.	Min.	Max.	σ.	V.
Poids	128	56,000 ± 0,606	44,000	76,600	6,86	12,25
Stature	140	159,96 ± 0,486	145,4	173,5	5,75	3,60
Taille assis	140	84,91 ± 0,235	75,4	93,7	2,79	3,29
Indice cormique	140	53,06 ± 0,098	50,4	56,1	1,16	2,18
		Tronc.				
Hauteur suprasternale	140	130,25 ± 0,425	118,1	140,9	5,03	3,86
» relative	140	81,41 ± 0,054	79,9	83,0	0,65	0,80
Hauteur ombilicale	140	95,54 ± 0,352	83,5	103,7	4,17	4,36
» relative	140	59,66 ± 0,089	56,4	62,2	1,06	1,78
Hauteur symphysienne	140	82,04 ± 0,349	69,8	90,7	4,13	5,04
» relative	140	51,21 ± 0,118	47,2	54,0	1,40	2,74
Longueur antérieure du tronc	140	48,09 ± 0,209	41,6	54,7	2,48	5,16
» relative	140	30,10 ± 0,117	25,6	33,0	1,39	4,62
Largeur biacromiale	140	35,79 ± 0,131	31,5	39,8	1,56	4,36
» relative	140	22,35 ± 0,074	19,4	24,0	0,88	3,94
Largeur bicrête	140	29,76 ± 0,183	24,4	36,7	2,17	7,29
» relative	140	18,56 ± 0,102	15,8	22,3	1,21	6,52

[1] *Comptes rendus*, **152**, 1911, p. 188.

[2] Les mesures du corps sont évaluées en centimètres, celle de la tête en millimètres.

	N.	M ± σ_M.	Min.	Max.	σ.	V.
Indice acromio-iliaque........	140	83,21 ± 0,505	69,9	100,8	5,98	7,18
Largeur du thorax...........	140	26,65 ± 0,145	23,2	34,0	1,72	6,45
Profondeur du thorax........	140	18,38 ± 0,104	15,7	21,9	1,24	6,75
Indice thoracique............	140	145,51 ± 0,819	121,4	173,6	9,70	6,67
		Membre supérieur.				
Hauteur acromiale...........	140	130,29 ± 0,437	118,5	141,0	5,18	3,97
» relative.............	140	81,40 ± 0,076	79,3	83,7	0,90	1,10
Long. du membre supérieur...	140	69,91 ± 0,261	63,5	78,3	3,09	4,42
» relative...............	140	43,65 ± 0,095	41,1	46,5	1,13	2,60
Longueur du bras............	140	30,45 ± 0,127	27,4	34,9	1,51	4,96
» relative............	140	19,01 ± 0,060	17,6	21,0	0,71	3,73
Longueur de l'avant-bras......	140	22,91 ± 0,102	20,4	26,1	1,21	5,28
» relative............	140	14,30 ± 0,049	13,3	15,3	0,58	4,05
Indice brachial..............	140	75,15 ± 0,212	67,1	81,5	2,51	3,37
Indice de la main............	140	43,36 ± 0,143	39,7	49,0	1,70	3,92
		Membre inférieur.				
Hauteur ilio-spinale..........	140	90,01 ± 0,360	78,5	99,0	4,26	4,74
» relative.............	140	56,23 ± 0,110	53,0	59,2	1,31	2,34
Indice intermembral..........	140	77,65 ± 0,163	72,6	83,3	1,93	2,48
Hauteur tibiale..............	140	42,00 ± 0,199	35,1	47,6	2,36	5,62
» relative.............	140	26,19 ± 0,083	23,1	28,5	0,99	3,78
Longueur de la cuisse........	140	48,07 ± 0,219	41,1	53,5	2,60	5,41
» relative............	140	29,99 ± 0,100	27,1	33,0	1,19	3,97
Indice crural................	140	73,06 ± 0,403	60,4	85,5	4,77	6,52
» du pied..............	133	39,33 ± 0,127	36,5	43,5	1,47	3,73
		Crâne.				
Longueur maximum de la tête..	139	183,91 ± 0,473	169	201	5,58	3,03
Largeur » » ..	140	151,15 ± 0,437	139	162	5,17	3,42
Indice céphalique............	139	82,20 ± 0,318	72,9	91,3	3,75	4,56
» fronto-pariétal.........	140	69,96 ± 0,229	64,1	78,1	2,72	3,88
		Face.				
Largeur bizygomatique.......	140	134,17 ± 0,381	122	144	4,51	3,36
Haut. faciale morphologique...	139	114,49 ± 0,450	99	131	5,31	4,64
» supérieure......	140	72,55 ± 0,337	62	87	3,99	5,50
Indice facial morphologique...	139	85,33 ± 0,360	74,4	96,8	4,25	4,98
» supérieur........	140	54,14 ± 0,274	44,9	65,1	3,25	6,00
Largeur bigoniaque..........	140	99,80 ± 0,439	89	117	5,20	5,21
Indice zygo-mandibulaire.....	140	74,32 ± 0,283	65,2	83,2	3,35	4,51
» nasal....	140	60,86 ± 0,553	44,2	78,5	6,55	10,76
» buccal...............	140	32,96 ± 0,471	17,6	45,0	5,58	16,92
» auriculaire...........	140	54,87 ± 0,308	45,9	66,6	3,64	6,63

En résumé, les Françaises comprennent 54,28 % de sujets de grande taille (les grandes statures débutant à 1,59 m), avec 52,14 % de métrioskèles et

49,28 % de métriocormes, les proportions du corps étant, en général, médiolignes. Le bassin est large dans 69,28 % des cas, le tronc rectangulaire dans une proportion de 93,57 %. Membre supérieur court : 87,85 % ; jambe courte : 53, 57 %.

Elles comprennent 62,58 % de brachycéphales, 30,93 % de mésocéphales et 6,47 % de dolichocéphales. Le nez est étroit chez 90,71 % des sujets.

La pigmentation de la peau est plutôt claire : 47,14 % des cas; les yeux sont bruns : 41,42 % ou mêlés : 41,42 %; yeux bleus : 17,14 % seulement; les cheveux sont châtains, bruns ou noirs dans 83,57 % des cas et blonds dans 15 % des cas seulement (un sujet roux, un sujet blanc).

ANTHROPOLOGIE PHYSIOLOGIQUE. — *Distribution des types sanguins du système Rhésus chez les Vietnamiens du Nord.* Note de MM. **René Baylet** et **Vu Ngoc Hoan**, présentée par M. Léon Binet.

Les pourcentages des divers types sanguins du système Rhésus ont été recherchés chez 200 Vietnamiens de la région de Hanoï et du delta Tonkinois en utilisant les sérums anti C, anti D, anti E et anti *c*. Avec les trois premiers a été suivie la méthode de détermination en tubes, avec suspension des globules en milieu salin. Avec le sérum anti *c*, nous avons utilisé la méthode rapide sur lame en milieu sérique.

Avec les trois premiers sérums, nous avons obtenu les pourcentages de phénotypes suivants :

C D E....................	42 sujets, soit	21,0 %
C D ee....................	141 » »	70,5
cc D E....................	15 » »	7,5
cc D ee....................	2 » »	1,0
	200	100,0

Avec les quatre antisérums, les proportions suivantes des phénotypes ci-après ont été observées :

C C D E....................	2 sujets, soit	1 %
C C D ee....................	122 » »	61
C c D E....................	40 » »	20
C c D ee....................	19 » »	9,5
c c D E....................	15 » »	7,5
c c D ee....................	2 » »	1
	200	100,0

Ces pourcentages se rapprochent étroitement de ceux préalablement obtenus

chez les Chinois du Sud par Miller et al. ([1]) et ne sont pas non plus très différents de ceux observés chez les Siamois par Phansomboon et al. ([2]). Ils s'écartent par contre assez sensiblement de ce qui a été observé chez les Japonais [Chown et al. ([3])]. Ils s'intègrent parfaitement dans le schéma général donné récemment par Mourant ([4]).

GÉNÉTIQUE ÉVOLUTIVE. — *Sur la fertilité des mâles de deux souches mutantes de* Drosophila melanogaster. Note (*) de M. **Ernest Bösiger**, présentée par M. Maurice Caullery.

La fertilité des mâles des souches mutantes « *vermillon* » et « *cinnabar* » de *Drosophila melanogaster* est étudiée. Les mâles *cn* fécondent en moyenne un plus grand nombre de femelles que les mâles *v*. Les femelles *v* sont plus réceptives que les femelles *cn*. La fertilité des mâles s'exprime nécessairement en dépendance de la réceptivité des femelles.

Il est bien établi que les femelles et les mâles de souches mutantes « *vermillon* » (*v*) et « *cinnabar* » (*cn*) de *Drosophila melanogaster* n'ont pas la même fertilité ([1]), ([2]), ([3]), et que l'axiome de la panmixie entre différents génotypes de cette espèce doit être abandonné ([4]). La présente Note rend compte d'une analyse plus poussée de la fertilité des mâles *v* et *cn*.

Dans ce but, quatre sortes de croisements ont été effectuées dans des tubes de culture. On introduit dans chaque tube six femelles vierges, âgées de 1 à 12 h, et un mâle du même âge. Après 48 h, que les mouches passent dans une chambre à température constante, réglée à $25°C \pm 1°C$, on isole les femelles pour déceler le nombre de femelles fécondées par chacun des mâles.

Les histogrammes ci-dessous donnent séparément pour chacun des quatre croisements en abscisse le nombre de femelles fécondées par un seul mâle et en ordonnée la fréquence correspondante de mâles. Chacun des quatre groupes comporte 110 mâles. Il est évident qu'il aurait fallu mettre plus de six femelles en présence d'un mâle, pour obtenir une distribution entière. Par conséquent les moyennes arithmétiques qui figurent dans le tableau restent en dessous de

---

([1]) *in* A. E. Mourant, *The distribution of human blood groups*, Oxford, 1954, tableau 23.

([2]) *Amer. J. phys. Anthrop.*, nouv. série, 7, 1949, p. 563.

([3]) *Can. J. Res.*, E, 24, 1946, p. 135.

([4]) *The distribution of human blood groups*, Oxford, 1954.

(*) Séance du 3 novembre 1954.

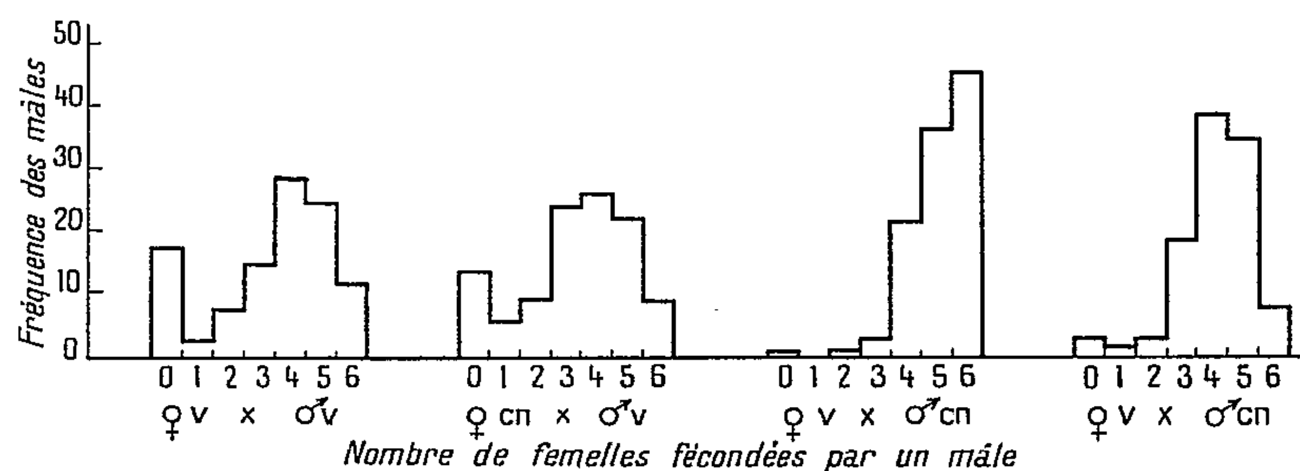
([1]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 934.

([2]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1180.

([3]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1008.

([4]) C. Petit, *Bulletin Biologique*, 85, 1951, p. 392.

la capacité réelle des mâles. Mais le comportement des mouches change considérablement avec la densité de la population, et il semblait utile de créer des conditions moyennes.



Les histogrammes montrent bien que la fertilité des mâles *cn* dépasse nettement celle des mâles *v*. Il n'y a pratiquement pas de mâles *cn* qui ne fécondent aucune femelle, tandis que ce cas est fréquent chez les mâles *v*. Les fréquences de mâles *v*, qui ne fécondent aucune femelle, remontent brusquement et sortent visiblement de la distribution normale. Il est probable que cette classe 0 représente les mâles stériles non comparables avec les autres.

Il y a aussi une différence assez nette entre la réceptivité des femelles *v* et des femelles *cn*. Les deux types de mâles fécondent un plus grand nombre de femelles *v*. On ne peut donc pas mesurer objectivement la fertilité des mâles. Elle s'exprime nécessairement en dépendance de la réceptivité des femelles.

Le tableau ci-dessous donne, pour chacun des croisements, la moyenne arithmétique du nombre de femelles fécondées par un seul mâle.

Nombre de femelles fécondées par un mâle.

♀♀ *cn* × ♂ *cn*	4,07 ± 0,27	♀♀ *v* × ♂ *cn*	5,09 ± 0,21
♀♀ *cn* × ♂ *v*.......	3,31 ± 0,28	♀♀ *v* × ♂ *v*.......	3,43 ± 0,28

Ces moyennes montrent encore une fois que les mâles *cn* fécondent pendant 48 h plus de femelles que les mâles *v*, et qu'il y a plus de femelles *v* fécondées par le même type de mâles. Mais ce dernier écart est grand et largement significatif pour les mâles *cn*, et insignifiant pour les mâles *v*. On pourrait l'interpréter en supposant que les femelles *cn* repoussent plus activement les mâles. Mais, dans ce cas, les mâles *v*, peu actifs, devraient produire un écart plus grand, que les mâles *cn*. Or, c'est le contraire qu'on constate. Les faits observés s'expliquent plus aisément en admettant une réceptivité plus élevée des femelles *v*. D'après cette hypothèse, les femelles *v* réagiraient plus vivement aux stimuli des mâles. Toute la chaîne de réactions nécessaires pour que la parade nuptiale aboutisse à un accouplement, se déroulerait plus facilement

chez les femelles *v*. Des observations directes du comportement doivent permettre de trancher ce point.

Ces expériences, comme celles rapportées dans des Notes antérieures (1), (2), ne permettent pas d'attribuer ces différences entre les souches *cn* et *v* à des effets pleiotropiques des gènes *cn* et *v*. Il pourrait aussi bien s'agir de simples ou de multiples gènes sans effet morphologique, mais produisant les phénomènes physiologiques décrits, et par lesquels les deux souches *cn* et *v* se distingueraient.

La séance est levée à 15 h 50 m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1954

(*suite et fin*).

Studies on desoxyribonucleoprotein and desoxyribonucleic acid, by Gösta Frick. *Thèse*. Uppsala, The Institute of biochemistry of University, 1954; 1 fasc. 23 cm.

Electrotechnical Review. Vol. XXII, nos 7-8, 1954. *Is the Giorgi System of Units to be Considered three-or Four-Dimensional*, by France Avčin; 1 feuille 29 cm.

Id. — Vol. XXII, nos 5-6/1954. Traduction française de l'article principal. *Influence de la résistance sur la représentation idéalisée de la transmission de l'énergie électrique par la charge naturelle*, par Marjan Plaper. Ljubljana, 1954; 1 fasc. 29 cm.

Hommage au professeur Lucien Cuénot (1866-1951), par R. Lienhart. Extrait des *Mémoires* de l'Académie de Stanislas, 1950-1953; 1 fasc. 23,5 cm.

Charles Flahault 1852-1935, par Philibert Guinier. Extrait de la revue des *Eaux et forêts*. T. LXXIII. 1935. Nancy, Imprimerie Berger-Levrault; 1 fasc. 24 cm.

Allocution à l'inauguration du monument Flahault à l'Hort-de-Dieu, le 12 juillet 1936, par Philibert Guinier; 1 fasc. 24,5 cm.

Encyclopédie économique de sylviculture. VIII. *Les chênes*, par Aimée Camus. T. III. Première et deuxième parties. *Texte*. Paris, Paul Lechevalier, 1952-54; 2 vol. 25 cm.

Académie royale de Belgique. *Mémoires*. T. XXVIII. Fasc. 6. Comité national de mécanique théorique et appliquée. *Colloque Junius Massau* tenu à Mons et Gand les 26 et 27 avril 1952, sous la présidence de Joseph Pérès. Bruxelles, Palais des Académies, 1954; 1 vol. 25 cm.

Annales de l'Association des ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand. *Centenaire Junius Massau*. Deuxième fascicule, 1953; 1 fasc. 29 cm.

Mémoire sur l'intégration graphique des équations aux dérivées partielles, par Junius Massau. Édition du Centenaire par les soins du Comité national de mécanique. Mons, G. Delporte, s. d.; 1 vol. 25 cm.

Appendice au mémoire sur l'intégration graphique et ses applications, par Junius Massau. Paris, Gauthier-Villars, 1890; 1 vol. 23,5 cm.

Leçons de mécanique rationnelle, par Junius Massau. Édition conforme aux leçons professées en 1906-1907. T. I. *Géométrie vectorielle*. *Statique*. T. II. *Cinématique*. Compléments concernant certaines questions étudiées précédemment. Ouvrage publié par les soins de l'Association des ingénieurs sortis des écoles spéciales de Gand, 1911 et 1913; 2 vol. 25 cm.

Traité de physique théorique et de physique mathématique. IV. *Mécanique à l'usage de la classe de mathématiques élémentaires*, par N. Dequoy. Préface de Albert Châtelet. Paris, Gauthier-Villars, 1954; 1 fasc. 25 cm.

Commission scientifique du Logone et du Tchad. *Étude pédologique du bassin alluvionnaire du Logone-Chari.* Paris. Office de la recherche scientifique et technique Outre-Mer, 1954; 1 fasc. 27 cm.

Régence de Tunis. Protectorat français. Direction des Travaux publics. Service des mines, de l'industrie et de l'énergie. Service géologique. *Bibliographie géologique de la Tunisie.* N° 1, par GILBERT CASTANY. Notes du service géologique. N° 3. *La roche éruptive du Guelb Saad Moun (Tunisie septentrionale)*, par A. JAUZEIN. N° 4. *Orogenèse quaternaire dans la région de Gafsa*, par GILBERT CASTANY. N° 5. *Plissements actuels à l'embouchure de la Medjerda*, par J. PIMIENTA. N° 6. *Le Tyrrhénien de la région de Bizerte*, par GILBERT CASTANY. N° 7. *Sur quelques gisements cénomaniens de la falaise du Dahar (Extrême Sud tunisien)*, par ALBERT F. DE LAPPARENT. N° 8. *Description d'une nouvelle espèce d'Ammonite tunisienne appartenant au genre* Neolobites Fischer 1882 : Neolobites medeninensis nov. sp. *et considérations sur ce genre*, par Mme E. BASSE. N° 9. *Sur l'âge des dunes de la région d'Ouchtata* (Nefza, Tunisie septentrionale), par CH. GOTTIS. *Catalogue des publications.* Tunis, La Rapide, 1954; 9 fasc. 24 cm.

Id. — *Notes.* T. I. N° 1. *Remarques sur l'évolution structurale de quelques plis de Tunisie orientale*, par GILBERT CASTANY. N° 2. *Note sur les fouilles paléontologiques exécutées en* 1947-1948 *et* 1949 *dans le gisement villafranchien de la Garaet Ichkeul*, par CAMILLE ARAMBOURG et MICHEL ARNOULD. Tunis, Saliba et Cie, 1950; 2 fasc. 24 cm.

Id. — *Carte géologique de la Tunisie au* 1/500 000e. Deuxième édition. *Notice explicative*, par GILBERT CASTANY. Tunis, S. E. F. A. N., 1953; 1 fasc. 24,5 cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 NOVEMBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE DE BROGLIE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

TERMINOLOGIE. — *Sur la terminologie métallographique : oligocomposants et oligoconstituants.* Note (*) de M. **ALBERT PORTEVIN.**

Les études métallurgiques et métallographiques offrent de nombreux exemples où les facteurs d'action, éléments ou constituants, ont un effet qui apparaît hors de proportions avec leur expression numérique en particulier, ces éléments ou constituants agissent à des doses estimées très faibles, que l'on peut appeler, suivant les tendances, par des expressions faisant image d'infinitésimales ou homéopathiques; c'est le cas de ce qu'on désigne sous le nom d'impuretés du métal lorsque l'action est jugée défavorable aux propriétés désirées, à la « qualité » du métal, et, d'autre part, d'additions lorsque, inversement, leur présence est voulue dans un but estimé favorable ou nécessaire.

Mais, comme nous avons tenu à insister à diverses reprises ([1]), les notions de « qualité » et d'impureté sont très imprécises et variables au point que la présence d'un même élément peut être qualifié impureté ou addition, pour un même métal ou alliage, suivant les circonstances et les points de vue. Il apparaît donc comme désirable d'englober sous un même vocable le fait d'être présent et agir à très faible proportion ou teneur indépendamment de l'intensité, du sens et de l'utilité de l'effet.

Ceci est particulièrement utile et même nécessaire dans l'enseignement pour simplifier, clarifier et alléger les expressions et, comme nous le faisons dans ce cas, peut être trouvé en adoptant, à l'instar de la chimie organique, biologique et agricole (Gabriel Bertrand), le préfixe oligo lequel veut dire *peu* d'après Littré ([2]).

(*) Séance du 15 novembre 1954.

([1]) A. PORTEVIN, *Génie civil*, 107, 1935, p. 517; *Metal Progress*, 1932, p. 69; *Annales Universitates Saraviensis*, t. 2, 1953, p. 124.

([2]) Venant, dit-il, de ὀλίγος lequel est le sanscrit *lic*, être petit, avec *o* prosthétique.

Conformément à la terminologie que nous utilisons dans notre enseignement et nos publications pour les alliages, les aciers et les fontes, il y a donc à distinguer :

1° Dans leur *composition* fournie par l'analyse chimique *élémentaire*, donnant les composants, et les oligocomposants comprenant les impuretés (O, N, S, O, ...) et les additions (Al, B, etc.) pour l'acier;

2° Dans leur *constitution* micrographique, minéralogique ou analyse *immédiate* donnée par la micrographie, l'analyse radiocristalline ou thermophysique, des oligoconstituants ou constituants microscopiques comme les inclusions des aciers, les sulfures dans le nickel, le plomb dans les laitons, etc., dont le rôle peut être jugé néfaste ou non suivant, non seulement leur nature, mais leur morphologie dans la structure micrographique (finesse, forme, distribution).

On peut incidemment remarquer qu'en chimie organique ou biologique les oligoéléments sont des métaux (Li, Rb, Mn, ...) alors qu'en milieu métallique ce sont principalement des métalloïdes (O, S, N, P, As, ...).

Parmi les propriétés et caractères influencés par les oligocomposants dans les alliages, l'un des plus sensibles est le *faciès cristallin* ([3]) issu de la solidification à partir de l'état fluide, liquide ou gazeux :

a. C'est ainsi qu'un accroissement de viscosité de la phase liquide peut faire passer le cristal régulier du faciès polyédrique au faciès dendritique (expérience d'Osmond avec l'alun de chrome cristallisant à partir de solutions épaissies par la colle);

b. Le bismuth et l'antimoine ont des réseaux cristallins très voisins mais leur faciès habituel de cristallisation est très différent : en feuille de fougère pour l'antimoine et en enroulement cubique pour le bismuth; mais l'antimoine peut apparaître avec ce dernier faciès du bismuth pour des traces d'impuretés que seul le spectroscope a pu mettre en évidence ([4]).

A l'heure actuelle l'obtention, pour le graphite des fontes, du faciès sphérolithique, si importante au point de vue des propriétés mécaniques, a été réalisée par des additions de Mg et Ce à des teneurs extrêmement faibles et se trouve sous la dépendance d'éléments présents en quantité si faible qu'on n'a pu les déceler qu'au spectroscope : les uns, tels que Pb, Sb, Sn, Se, Te, ayant une influence défavorable ou nocive sont considérés comme impuretés, les autres tels que Ce, La, ..., jouant le rôle de remèdes ou d'antidotes à l'égard des impuretés; on a donc encore, à doses homéopathiques, des éléments d'addition, des impuretés, des antidotes auxquels s'applique remarquablement et fort à propos l'expression oligoélé-

---

([3]) Lequel dépend de la tension superficielle interfaciale dont on connaît la sensibilité à l'égard des impuretés ou traces de certains éléments présents.

([4]) Desch, *Rev. Mét.*, Extraits, 490, 1928.

ments ([5]), et qui vient donc éclairer et expliquer ce qu'on a appelé dans ce cas l'hérédité des fontes ([6]), et le « body » des aciers.

En substance, pour les aciers :

1° L'analyse chimique élémentaire fournit la composition chimique comprenant les composants principaux ou essentiels C, Si, Mn, Ni, Cr, ..., et les oligocomposants Al, B, N, O, P, Cu, ...

2° L'analyse chimique immédiate, métallographique ou minéralogique, fournit la constitution comprenant les constituants fondamentaux : ferrite, cémentite, perlite, martensite, austénite, troostite, bainite, et les oligoconstituants : inclusions, oxydes, sulfures, silicates, etc.

Pour les fontes, on retrouve la même description que ci-dessus avec en outre le graphite comme constituant et quelques autres oligocomposants Mg, Sn, etc.

Pour bien montrer la grande généralité de ces notions et, par suite d'emploi de cette terminologie, rappelons encore deux exemples frappants bien connus :

1° En physique, pour les semi-conducteurs, la présence, à des doses extrêmement faibles, d'oligocomposants est très importante; c'est ainsi que, dans les transistors unicristallins de germanium, il faut tenir compte d'impuretés à des teneurs de 10^{-7};

2° En métallographie appliquée, les alliages à haute teneur en zinc ne sont devenus industriels que lorsque, par électrolyse ou par distillation, on a fabriqué couramment le zinc de haute pureté (à 99,99 %, dit : zinc quatre-neuf) éliminant les oligocomposants Pb, Cd, Sn, Fe, ..., dont la présence entraînait la destruction à l'usage ou la déficience de certaines propriétés de ces alliages, lesquels par ailleurs doivent contenir entre autres l'oligocomposant Mg.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Ombellifères. Développement de l'embryon chez le* Peucedanum austriacum *Koch.* Note (*) de M. **René Souèges**.

Les lois embryogéniques du *Peucedanum austriacum* sont comparables à celles qui ont été établies au sujet du *Silaus pratensis*. Les différences sont d'ordre secondaire, consistant surtout dans une plus grande irrégularité; elles permettraient néanmoins de mieux comprendre les rapports qu'offriraient entre elles certaines espèces d'Ombellifères.

([5]) Plus généralement l'effet des oligoéléments semble se manifester à l'égard des propriétés que l'on pourrait appeler « à deux dimensions » telles que les propriétés de surface, propriétés capillaires, vitesse de corrosion, catalyse, potentiel d'électrode, pouvoir émissif.

([6]) *Voir* à ce propos : A. Portevin, *Contribution à la discussion des communications Leonard, Thyssen et Buffet* au Congrès International de Fonderie de Milan, septembre 1931.

(*) Séance du 15 novembre 1954.

Les Peucédanées sont l'une des tribus les plus importantes des Ombellifères dites *parfaites*. Elles sont caractérisées par la présence, sur un fruit comprimé d'avant en arrière, de côtes primaires seulement. On les partage ordinairement en deux sous-tribus : les Angélicées, chez lesquelles les méricarpes sont en contact uniquement par le milieu, et les Peucédanées proprement dites ou Eupeucédanées chez lesquelles les méricarpes restent soudés par toute leur surface commissurale. Aucune espèce, dans ces deux groupements, n'a encore été examinée au point de vue des lois qui président au développement de l'embryon. Voici les observations auxquelles a donné lieu, à cet égard, l'étude du *Peucedanum austriacum* Koch, belle plante haute de 60 à 80 cm, vivace, qui a pu être récoltée, en grande abondance, dans les côteaux boisés des montagnes de Haute-Savoie.

Le proembryon quadricellulaire (*fig.* 4) engendré par divisions transversales de l'oospore (*fig.* 1, 2) et de ses deux cellules-filles *ca* et *cb*, est une tétrade linéaire en C_2, comportant quatre éléments superposés, *cc*, *cd*, *m* et *ci*. Le plus souvent la cellule *ca* se segmente avant sa sœur (*fig.* 3), mais, dans d'autres cas, la division de *cb* précède celle de *ca*. La cellule supérieure de la tétrade, *cc*, se partage, en règle très générale, par une paroi plus ou moins inclinée sur la verticale, séparant deux éléments quelque peu dissemblables, *a* et *b*; *a* plus grand dans les coupes longitudinales occupe le sommet du proembryon. La cellule subterminale *cd*, à son tour, se divise, soit longitudinalement (*fig.* 6), soit transversalement (*fig.* 9), en donnant naissance, dans ce dernier cas, à deux éléments superposés *t* et *r*. La division de la cellule *ca* peut parfois précéder celle de la cellule terminale *cc* (*fig.* 7). En 8, les deux cellules du sommet se montrent séparées par une paroi, vue de face, très inclinée sur le plan de la figure. La cellule inférieure de la tétrade, *ci*, se partage transversalement en deux éléments superposés *n* et *n'* (*fig.* 9, 10); sa sœur, *m*, en règle générale semble-t-il, se cloisonne transversalement pour donner deux éléments superposés *d* et *f* (*fig.* 8); mais elle peut aussi se partager longitudinalement (*fig.* 9), parfois même obliquement (*fig.* 13).

Ces variations dans la direction des divisions des deux blastomères médiaux, *cd* et *m*, de la tétrade, peuvent faire apparaître quatre types de formes octocellulaires, deux résultant d'un cloisonnement longitudinal ou transversal en *cd*, deux autres de la division également longitudinale ou transversale de l'élément *m*. Il n'a pas été possible de rencontrer les stades du développement correspondant exactement à ces quatre dispositions octocellulaires; l'une, à six étages, se trouve représentée en 9; une autre, également à six étages, comporterait une cloison longitudinale en *cd*, transversale en *m*; une troisième, à cinq étages, offrirait des cloisons verticales en *cd* et en *m*; une quatrième enfin comprendrait des divisions transversales en *cd* et en *m*, comme en *ci*. Les quatre cellules supérieures de ces formes représentent quatre quadrants groupés en tétrades de catégorie B_1 ou B_2.

La construction des divers proembryons que l'on rencontre aux stades suivants s'explique aisément en tenant compte des variations qui interviennent au stade octocellulaire. En *cc*, les deux blastomères *a* et *b* donnent quatre éléments en tétraèdre qui correspondent à quatre octants supérieurs, l'un d'eux, *e*, au sommet, fonctionnant comme cellule épiphysaire (*fig.* 12 à 17, 19). Les figures 18, 20 à 26 montrent nettement comment se succèdent les parois de segmentation dans ces quatre éléments. Le groupe épiphysaire demeure le plus souvent parfaitement distinct; les trois octants sous-épiphysaires produisent la partie cotylée *s. stricto*. — Quand, en *cd*, il se constitue d'abord deux cellules superposées, *t* et *r* (*fig.* 7,

9, 15), celles-ci se divisent longitudinalement (*fig.* 16, 17, 26, 27) pour donner deux assises bien distinctes, génératrices l'une de la tige hypocotylée, l'autre de la racine avec ses initiales (*fig.* 29 à 36). Il est difficile de dire exactement par quels processus se différencient ces initiales; ils ne paraissent pas être constants; les figures 29 et 33 permettent cependant de se rendre compte de la règle générale à laquelle ils obéiraient. — Quand, en *cd*, il y a cloison-

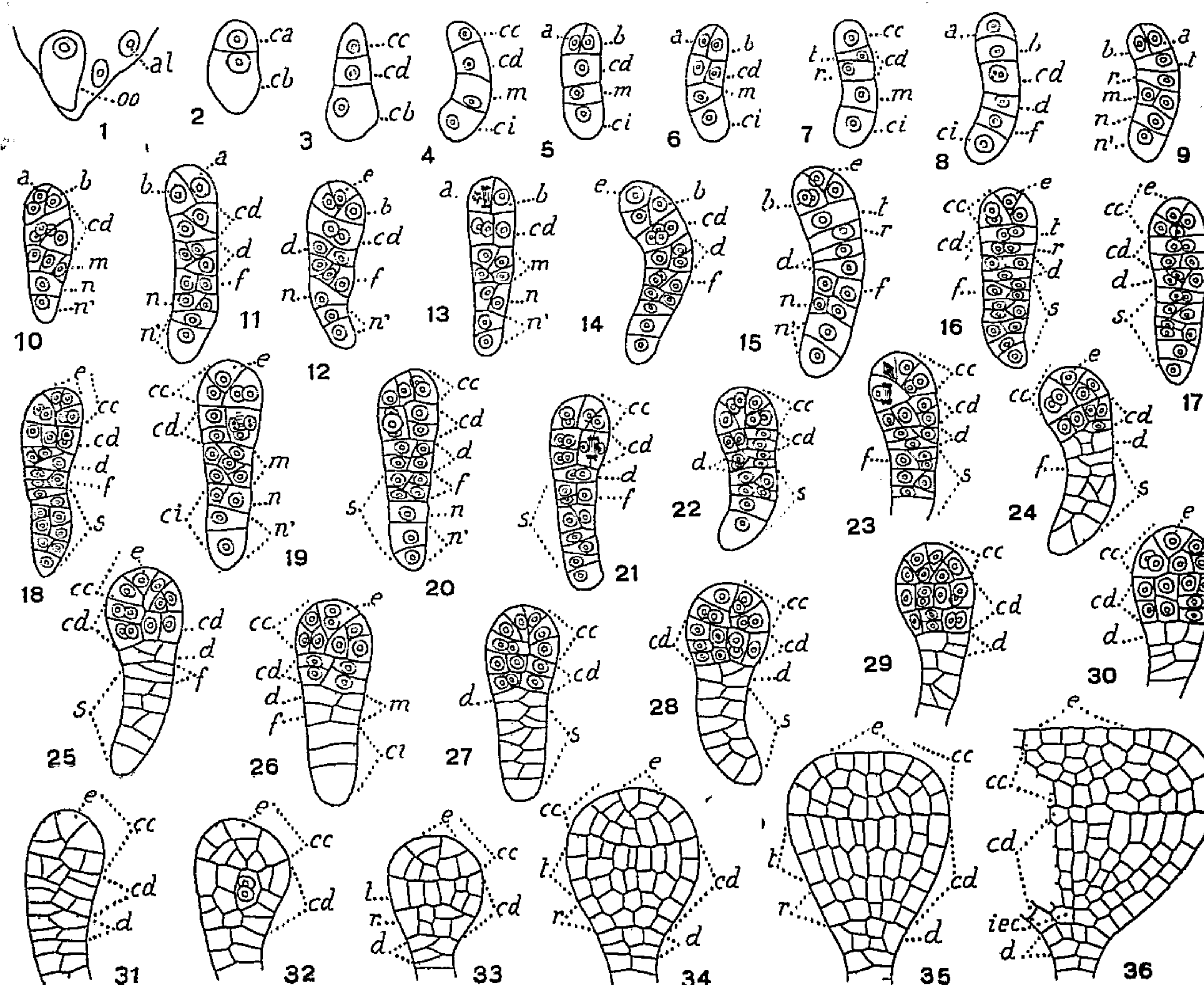


Fig. 1 à 36. — *Peucedanum austriacum* Koch. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *oo*, oospore; *al*, albumen; *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc*, cellule-fille supérieure de *ca* ou partie cotylée *s. lato*; *a* et *b*, cellules filles de *cc*; *e*, épiphyse; *cd*, cellule-fille inférieure de *ca* ou partie hypocotylée; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb*; *t*, cellule-fille supérieure de *cd* ou primordium de la tige hypocotylée; *r*, cellule-fille inférieure de *cd* ou primordium de la racine; *d*, cellule-fille supérieure de *m* ou partie centrale de la coiffe; *f*, cellule-fille inférieure de *m*; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *iec*, initiales de l'écorce de la racine. G. = 310.

nement vertical (*fig.* 6, 12), les deux éléments juxtaposés, engendrés par de nouvelles divisions verticales, donnent quatre cellules circumaxiales (*fig.* 13, 14), qui, prenant plus tard des parois longitudinales (*fig.* 15) ou transversales (*fig.* 19, 20, 21, 22, 23, 25), auxquelles succèdent de nouvelles parois encore longitudinales (*fig.* 24 à *g.*) et transversales (*fig.* 28 à *g.*), arrivent à se séparer en deux assises semblables à celles qui se forment dans les cas ou *cd* se divise d'abord transversalement. — Quand la paroi en *cd* est tout d'abord oblique (*fig.* 10, 11), ce qui paraît exceptionnel, les segmentations aboutissent de même à des séparations analogues.

Lorsque, en *m*, il se produit deux éléments superposés *d* et *f* (*fig.* 8), ce qui paraît être le cas général, ces deux éléments suivent dans leurs segmentations, obliques le plus souvent,

des règles qui leur sont communes, de sorte que, dans la plupart des cas, il est difficile de les identifier et de les bien séparer (*fig.* 15, 18, 20, 23). Quoi qu'il en soit, *d* participe seul à la constitution de la coiffe (*fig.* 30 à 36), *l* entrant dans la constitution du suspenseur. Quand, en *m*, se forme d'abord une paroi longitudinale (*fig.* 9, 10) ou oblique (*fig.* 13, 19), il est difficile de dire dans quelles proportions les éléments produits par *m* participent à la construction les uns de la coiffe, les autres du suspenseur. Celui-ci se développe, en règle très générale, aux dépens des éléments *f*, *n*, et *n'*.

Si l'on dresse le tableau des lois qui président au développement de l'embryon chez le *Peucedanum austriacum*, on constate que ce tableau reproduit, dans ses traits essentiels, celui qui a été établi au sujet du *Polemonium cæruleum* L. et du *Silaus pratensis* Bess (¹).

Les trois espèces, par les fonctions histogéniques de la cellule *cb* se rattachent à la première période et au mégarchétype V de notre système périodique; par leurs tétrades en C_2, elles entrent dans la série C; par la disposition des quatre éléments supérieurs, homologues de quadrants, de leurs formes octocellulaires, à la troisième génération, elles font partie du cinquième ou du sixième groupe embryogénique; enfin, par la répartition, dans leurs blastomères primitifs, des potentialités constructives, elles obéissent à des règles identiques. Le *Peucedanum* ne diffère du *Silaus* que par des caractères tout à fait secondaires : une plus grande irrégularité s'observe dans la construction de ses formes; celles-ci se rattachent à des types octocellulaires qui seraient, chez le *Silaus*, moins diversifiés; la démarcation, extérieure et intérieure, entre suspenseur et embryon proprement dit est moins accusée; la différenciation des initiales au sommet radiculaire procéderait selon des modes moins bien définis. Les mêmes parentés subsistent néanmoins avec des variations qui éloigneraient les Peucédanées des Solanales ou Polémoniales, mais qui les rapprocheraient par contre d'autres Ombellifères. Il y aurait là comme une extension des données pouvant faire la matière d'un important chapitre d'embryogénie comparée.

CHIMIOTÉRATOGENÈSE. — *Sur la réalisation expérimentale de deux malformations du crâne et de l'encéphale : cléiencéphalie et acléiencéphalie.* Note de M. **Paul Ancel**.

Nous avons réalisé l'exencéphalie en injectant sur la tête d'embryons de Poule, à l'aide d'un appareil approprié, des solutions aqueuses de deux substances chimiques : la trypaflavine aux concentrations de 1:1000 à 1:3000 et la colchicine à celles de 1:10000 à 1:40000. Le volume injecté a varié de 1/24ᵉ à 1/4 mm^3. Les injections de chacune de ces substances ont été faites les unes après 26 h et les autres après 34 h d'incubation.

(¹) R. Souèges, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1948.

Les exencéphales que nous avons obtenus appartiennent à deux variétés. Dans la première, l'encéphale hernié n'est pas fermé, ses cavités sont à nu; dans la seconde, au contraire, l'encéphale hernié est normalement fermé et entouré par les méninges. Pour distinguer ces deux variétés d'exencéphales, nous avons appelé ceux dont l'encéphale n'est pas fermé : acléiencéphales (α privatif κλειω, je ferme), et les autres : cléiencéphales. Les acléiencéphales ont été signalés à l'état spontané par de nombreux auteurs sous le nom d'anencéphales. Nous en avons nous-même observé en dehors de toute action expérimentale avec une fréquence de 1,2 % sur 5 000 embryons, tandis qu'aucun cas de cléiencéphalie n'était apparu.

A la suite d'injections faites après 34 h d'incubation, les deux substances ont déterminé uniquement l'apparition d'exencéphales à encéphale fermé. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec la colchicine après injection de 1/24e mm^3 d'une solution à 1 : 30 000 (22 cléiencéphales sur 53 embryons, 41,5 %).

Les injections faites après 26 h d'incubation ont produit des acléiencéphales mais seulement après action de la trypaflavine : 21 ont été obtenus sur 57 embryons (36,8 %) et aucun avec la colchicine sur 95 embryons.

Chez les anencéphales humains, la plaque nerveuse ne se ferme pas en tube et se développe très mal, mais l'encéphale ne fait pas entièrement défaut; la partie qui subsiste n'est pas saillante et la tête paraît sectionnée transversalement au-dessus des yeux. On conçoit qu'en se basant sur leur aspect général, Isidore Geoffroy Saint-Hilaire ait pu opposer ces anencéphales aux exencéphales et que ces dénominations aient pu être universellement adoptées. Mais il n'est pas possible d'agir de même chez les Oiseaux. Dans les cas spontanés, en effet, comme dans nos cas expérimentaux, l'encéphale ouvert a un développement tel qu'il fait une forte saillie au-dessus de la tête. Les embryons porteurs de cette malformation sont donc des exencéphales au même titre que ceux dont l'encéphale hernié est fermé et entouré des méninges. La dénomination d'anencéphale ne convient à aucun, celle d'exencéphale convient à tous.

L'obtention par divers auteurs d'embryons de Mammifères à encéphale hernié après action de divers agents tératogènes (anoxémie, vitamine A, carences) montre que dans cette classe comme chez les Oiseaux, l'encéphale, qu'il soit ouvert ou fermé, fait dans tous les cas une saillie au-dessus de la tête au travers d'une brèche dans la voûte crânienne. Peu d'auteurs parmi ceux qui ont obtenu ces exencéphales signalent si l'encéphale était ouvert ou fermé. Ce fait est cependant celui qui présente la plus grande importance au point de vue de la tératogenèse, car ces deux variétés de malformation crânio-encéphalique sont en réalité deux malformations différentes. Elles se réalisent en effet par des mécanismes différents (arrêt de développement de l'encéphale dans un cas et du crâne dans l'autre), à

des stades différents (avant ou après la fermeture de la gouttière nerveuse), et nos expériences montrent que des agents tératogènes capables de produire l'une peuvent être incapables de produire l'autre (différence dans l'effet tératogène de la trypaflavine et de la colchicine).

Les appellations employées par les auteurs (anencéphalie, crâniochisis, dysencéphalie extra-crânienne, exencéphalie, encéphalocèle, pseudencéphalie) ne permettent pas de différencier ces malformations l'une de l'autre parce qu'elles sont basées sur des caractères secondaires pouvant se trouver dans chacune d'elles et varier suivant les individus, les espèces ou les classes (absence ou saillie plus ou moins forte de la hernie encéphalique; absence ou malformation d'une partie plus ou moins étendue de l'encéphale; développement plus ou moins grand d'une masse conjonctivo-vasculaire remplaçant le tissu nerveux).

Les recherches de tératogenèse expérimentale mettent ainsi en évidence la nécessité d'utiliser des appellations basées sur le caractère fondamental, par la présence ou l'absence duquel diffèrent ces deux malformations, aussi bien chez l'embryon humain que chez tous les Vertébrés. C'est pourquoi nous avons choisi celles de cléiencéphalie et d'acléiencéphalie pour présenter nos résultats.

M. **Ernst Gäumann** adresse en hommage à l'Académie divers tirages à part de ses travaux de botanique.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° André Lamouche. *La théorie harmonique. Le principe de simplicité dans les mathématiques et dans les sciences physiques.*

2° Académie polonaise des sciences. *Œuvres de Marie Sklodowska Curie*, recueillies par Irène Joliot-Curie.

3° Piscicultural Institute of Sarajevo. *Acta ichthyologica Bosniæ et Hercegovinæ*. Godina I, Akta 1-4.

4° Académie des sciences de Bielorussie. *Sbornik naoutchnik troudov*. Institut Torfa, I; Institut Lesa, I; Institut biology, I-III; Institut Melioratsy, Vodnogo i Bolotnogo koziaistva, I; Institut sotsialistitcheskogo seliskogo koziaistva, I. — Institut Ekonomiki, *Otcherki ekonomitcheskoi geografy*.

ALGÈBRE. — *Formes de seconde espèce sur une variété algébrique*. Note de MM. **William Hodge** et **Michael Atiyah**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Le but de cette Note est de montrer comment les résultats de Picard et Lefschetz sur les intégrales doubles de seconde espèce peuvent être formulés et démontrés dans le cadre de la théorie des faisceaux.

Soit V une variété algébrique sans singularités à m dimensions, définie sur le corps des nombres complexes. Si W est une sous-variété algébrique quelconque de V à $m-1$ dimensions, nous considérons le faisceau $\Omega^q(\star W)$ des germes de formes différentielles méromorphes de degré q sur V avec singularités sur W. Comme W varie dans l'ensemble de toutes les sous-variétés de V à $m-1$ dimensions, nous pouvons considérer le faisceau $\Omega^q\star$, réunion de tous les $\Omega^q(\star W)$. Il importe de remarquer que $\Omega^q\star$ *n'est pas* la même chose que le faisceau des germes de toutes les formes différentielles méromorphes de degré q sur V — ce n'en est qu'un sous-faisceau. En désignant par $\Phi^q\star$ le sous-faisceau de $\Omega^q\star$ constitué par les germes de formes fermées, nous avons la suite exacte de faisceaux

$$(1) \qquad 0 \to \Phi^q\star \xrightarrow{i} \Omega^q\star \xrightarrow{d} d\Omega^q\star \to 0$$

où i est l'homomorphisme injection, et d est l'opération de différentiation extérieure. La suite de cohomologie de (1) est

$$(2) \qquad \to H^{p-1}(V, \Omega^q\star) \to H^{p-1}(V, d\Omega^q\star) \to H^p(V, \Phi^q\star) \to H^p(V, \Omega^q\star) \to.$$

Or, d'après un résultat de Kodaira (¹), nous avons

$$H^p(V, \Omega^q\star) = 0 \qquad \text{ponr} \quad p \geqq 1.$$

Comme (2) est une suite exacte, il en résulte

$$(3) \qquad H^p(V, \Phi^q\star) \cong H^{p-1}(V, d\Omega^q\star) \qquad (p \geqq 2),$$

$$(4) \qquad H^1(V, \Phi^q\star) \cong H^0(V, d\Omega^q\star)/dH^0(V, \Omega^q\star).$$

Nous définissons ensuite le faisceau résidu $R^1\star$ par la suite exacte

$$(5) \qquad 0 \to d\Omega^0\star \xrightarrow{j} \Phi^1\star \to R^1\star \to 0,$$

où j est l'homomorphisme injection. La suite de cohomologie de (5) est

$$(6) \quad \to (H^0 V, \Phi^1\star) \to H^0(V, R^1\star) \to H^1(V, d\Omega^0\star) \to H^1(V, \Phi^1\star) \xrightarrow{\pi} H^1(V, R^1\star) \to.$$

Nous définissons maintenant une 2-*forme de seconde espèce* comme un élément de $H^0(V, \Phi^2\star)$ qui satisfait aux conditions suivantes :

(¹) *Proc. Nat. Acad. Sc.* U. S. A., 39, 1953, p. 1268-1273.

(i) c'est localement une forme dérivée, c'est-à-dire appartenant à $H^0(V, d\Omega^1\bigstar)$;

(ii) l'élément de $H^1(V, \Phi^1\bigstar)$ qu'il définit par (4) appartient au noyau de π [dans la suite (6)].

Nous dirons que des 2-formes *indépendantes*, s'il n'en existe pas de combinaison linéaire égale à une forme dérivée, c'est-à-dire appartenant à $dH^0(V, \Omega^1\bigstar)$. Du fait que (6) est une suite exacte, de notre définition des formes de seconde espèce et de (4), il résulte que le nombre maximum de 2-formes indépendantes, que nous désignons par ρ_0, est donné par

(7) $$\rho_0 = \dim[H^1(V, d\Omega^0\bigstar)/\operatorname{im} H^0(V, R^1\bigstar)].$$

Considérons maintenant une sous-variété irréductible quelconque W à $m-1$ dimensions. Nous pouvons choisir un recouvrement ouvert $\{U_j\}$ de V de manière que W ait dans chaque U_j une équation locale $f_j=0$. Alors $\{df_j/f_j\}$ définit un élément de $H^0(V, R^1\bigstar)$, car on a

$$\frac{df_j}{f_j} - \frac{df_k}{f_k} = d\left(\log\frac{f_j}{f_k}\right) \quad \text{dans } U_j \cap U_k,$$

et $d(\log f_j/f_k)$ est une section locale de $d\Omega^0\bigstar$ dans $U_j \cap U_k$. On peut montrer de plus que chaque élément de $H^0(V, R^1\bigstar)$ se laisse représenter par une somme d'éléments de ce type. Il en résulte que la correspondance [2] $(1/2\pi i)\{df_j/f_j\} \leftrightarrow W$ détermine un isomorphisme entre $H^0(V, R^1\bigstar)$ et $\mathcal{D}$, le groupe des diviseurs sur V (avec des coefficients complexes). Si maintenant nous introduisons cet isomorphisme dans (6), en même temps que l'isomorphisme

$$H^1(V, d\Omega^0\bigstar) \cong H^2(V, C)$$

donné par (3), nous obtenons la suite exacte

(8) $$\to H^0(V, \Phi^1\bigstar) \to \mathcal{D} \xrightarrow{\alpha} H^2(V, C) \to H^1(V, \Phi^1\bigstar) \to.$$

L'homomorphisme $\alpha : \mathcal{D} \to H^2(V, C)$, ainsi qu'on le montre facilement, est celui qui assigne à chaque diviseur sur V [considéré comme un $(2m-2)$-cycle] sa classe de cohomologie duale. Il en résulte que dim $[\alpha(\mathcal{D})]$ est égal au nombre de cycles homologiquement indépendants parmi les diviseurs de V. Dans la notation usuelle, ce nombre est désigné par ρ et appelé le *nombre de Picard* de V. Le fait que (8) est une suite exacte exprime alors qu'un diviseur est homologue à zéro s'il est le diviseur logarithmique d'une 1-forme méromorphe fermée (« intégrale simple de troisième espèce »), et dans ce cas seulement, résultat classique pour les surfaces algébriques.

---

(2) Le facteur $1/2\pi i$ est inséré pour donner l'isomorphisme naturel, dans un sens qui apparaîtra clairement plus loin.

A partir de (7), nous obtenons maintenant

$$\begin{aligned}\rho_0 &= \dim[H^2(V, C)/\alpha(\mathcal{D})] \\ &= \dim H^2(V, C) - \dim[\alpha(\mathcal{D})] \\ &= R_2 - \rho.\end{aligned}$$

Cela donne le théorème de Picard-Lefschetz :

TÉORÈME. — *Le nombre maximum de 2-formes indépendantes de seconde espèce est égal à* $R_2 - \rho$.

La définition donnée ici d'une 2-forme de seconde espèce diffère de celle de Picard et Lefschetz, mais il n'est pas difficile de montrer que les deux définitions sont équivalentes.

Des méthodes analogues conduisent aux résultats correspondants pour les intégrales p-uples de seconde espèce, bien qu'une généralisation complète du théorème ci-dessus exige une hypothèse sur la résolution des singularités.

ALGÈBRE. — *Sur quelques propriétés de certaines classes de demi-groupes.* Note de M. **Gabriel Thierrin**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Conditions pour qu'un demi-groupe soit un homogroupe. Demi-groupes réunions de demi-groupes disjoints sans idéaux premiers véritables. Conditions pour qu'un demi-groupe sans idéaux premiers véritables soit un groupe.

1. Un homogroupe [1] est un demi-groupe possédant un groupe comme idéal. Tout demi-groupe avec élément zéro est évidemment un homogroupe.

THÉORÈME 1. — *Pour qu'un demi-groupe* D *sans élément zéro soit un homogroupe, il faut et il suffit qu'il soit réversible* [2] *et qu'il contienne un idéal à droite minimal et un idéal à gauche minimal.*

La nécessité de la condition découle immédiatement des propriétés des homogroupes.

La condition est suffisante. Si M est un idéal à droite minimal de D, M est le seul idéal à droite minimal de D. En effet, si M_1 est un idéal à droite minimal de D et si $m \in M, m_1 \in M_1$, on a $mD \cap m_1D \neq \emptyset$. Donc $MD \cap M_1D \neq \emptyset$ et $M \cap M_1 \neq \emptyset$, ce qui entraîne $M = M_1$, puisque M et M_1 sont minimaux. Comme mM est un idéal à droite de D, on a $mM = M$, pour tout $m \in M$. De plus, M est un idéal bilatère minimal de D, car, dans un demi-groupe sans zéro et possédant un idéal à droite minimal, la réunion des idéaux à droite minimaux est un idéal bilatère minimal [3]. On montre de même que D contient un

(1) Les homogroupes ont été introduits sous le nom de « demi-groupes avec éléments zéroïdes » par A. H. Clifford et D. D. Miller, *Amer. J. Math.*, 70, 1948, p. 117-125.

(2) *Cf.* P. Dubreil, *Mém. Acad. Sc.*, 63, 1941, p. 1-52. Un demi-groupe D est réversible, si pour tout couple d'éléments $a, b \in D$, on a $aD \cap bD \neq \emptyset$, $Da \cap Db \neq \emptyset$.

(3) *Cf.* A. H. Clifford, *Amer. J. Math.*, 1948, p. 521-526.

idéal mininal N, avec $Nn = N$ pour tout $n \in N$. Mais $M = N$. Donc M est un groupe et D un homogroupe.

Tout demi-groupe fini (avec ou sans zéro) contient au moins un idéal à droite minimal et un idéal à gauche minimal. Comme tout homogroupe est réversible, on a par conséquent le théorème suivant :

Théorème 2. — *Pour qu'un demi-groupe fini soit un homogroupe, il faut et il suffit qu'il soit réversible.*

2. Un demi-groupe D est dit *fortement réversible* si pour tout couple d'éléments $a, b \in D$, il existe des entiers positifs r, s, t, tels que l'on ait

$$(ab)^r = a^s b^t = b^t a^s.$$

Tout demi-groupe abélien est évidemment fortement réversible.

Théorème 3. — *Tout demi-groupe* D *fortement réversible est réunion de demi-groupes disjoints sans idéaux premiers véritables* ([4]).

Considérons dans D l'équivalence R définie par $a \equiv b(R)$ si et seulement s'il existe des entiers positifs m et n tels que l'on ait $a^m = b^n$. Toute classe X mod R est un sous-demi-groupe de D. Il suffit pour le montrer d'établir que $ab \equiv a(S)$. Or de

$$(ab)^r = a^s b^t = b^t a^s \qquad \text{et} \qquad a^m = b^n,$$

il suit

$$(ab)^{rn} = a^{sn} b^{tn} = a^{sn} (b^n)^t = a^{sn} a^{mt} = a^{sn+mt}.$$

Le demi-groupe X ne contient pas d'idéaux premiers véritables. En effet, si P est un idéal premier véritable de X, le complexe $P' = X - P$ est un sous-demi-groupe consistant ([5]) de X, c'est-à-dire tel que $xy \in P'$ entraîne $x \in P'$, $y \in P'$. Si $p \in P$, $q \in P'$ on a $p \equiv q(R)$, c'est-à-dire $p^{m_1} = q^{n_1}$, m_1 et n_1 étant des entiers positifs. Mais $q^{n_1} \in P'$, donc $p^{m_1} \in P'$ et $p \in P'$, ce qui est impossible.

Théorème 4. — *Pour qu'un demi-groupe abélien* A *soit sans idéaux premiers véritables, il faut et il suffit que pour tout couple d'éléments* a, $b \in A$, *il existe un élément* $x \in A$ *et un entier positif* n *tel que l'on ait* $ax = b^n$.

La condition est nécessaire. En effet, si B est le demi-groupe cyclique engendré par b, l'ensemble $T (\neq \emptyset)$ des éléments t de A tels qu'il existe t' vérifiant $tt' \in B$ est un sous demi-groupe consistant de A. Par conséquent $A = T$ et il existe z tel que $ax \in B$.

La condition est suffisante. Si P est un idéal premier véritable de A, si $a \in P$ et si $b \in P' = A - P$, on a $ax = b^n$, avec $ax \in P$, $b^n \in P'$. Donc $P \cap P' \neq \emptyset$, ce qui est impossible.

([4]) Un idéal P du demi-groupe D est premier, si la relation $ab \in P$ entraîne que l'un au moins des éléments a ou b appartient à P. Si $P \neq D$, l'idéal premier P est dit véritable. Le complémentaire d'un idéal premier véritable est un sous-demi-groupe consistant véritable de D et inversement.

([5]) *Cf.* P. Dubreil, *loc. cit.*

THÉORÈME 5. — *Tout demi-groupe fini* F *est réunion de demi-groupes disjoints sans idéaux premiers véritables.*

Le demi-groupe F, étant fini, contient un sous-demi-groupe consistant minimal M_1. Le demi-groupe M_1 ne contient pas d'idéaux premiers véritables. En effet, soit P un idéal premier véritable de M_1. Le complexe $P' = M_1 - P$ est alors un sous-demi-groupe consistant de M_1. Comme M_1 est consistant, P′ est également un sous-demi-groupe consistant de F, ce qui est impossible. Si $M_1 \subset F$, le complexe $F_1 = F - M_1$ est un demi-groupe fini, et on peut lui appliquer le raisonnement précédent et ainsi de suite. Comme F est fini, on a bien le théorème annoncé.

THÉORÈME 6. — *Tout demi-groupe* D, *sans idéaux premiers véritables et possédant un élément neutre e tel que tout élément inversible à gauche est inversible à droite, est un groupe.*

Soit U l'ensemble des éléments u de D tels qu'il existe x vérifiant $ux = e$. L'ensemble U est évidemment un groupe. Soit $rs \in U$. Il existe t tel que $rst = e$. Donc $r \in U$. D'autre part, d'après l'hypothèse, il existe v tel que $stv = e$. Donc s appartient à U, et U est un sous-groupe consistant de D. Comme D ne contient pas d'idéaux premiers véritables, donc pas de sous-demi-groupes consistants véritables, on a $U = D$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Approximations par polynomes avec conditions diophantiennes.* Note de M. **MICHEL FEKETE**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soit E un ensemble borné et fermé de points z dans le plan complexe, tel que chaque fonction $f(z)$ définie et continue pour $z \in E$, y peut être approchée uniformément par des polynomes $\pi(z) = \gamma_0 + \gamma_1 z + \ldots + \gamma_k z^k$ à coefficients complexes avec toute précision donnée. Les théorèmes de Weierstrass de MM. Walsh et Lavrentieff relatifs à trois cas spéciaux (segment de l'axe réel, arcs jordaniens, ensembles partout non denses ne morcelant pas le plan) ont établi l'existence d'ensembles très généraux de cette nature.

2. Nous allons chercher des conditions nécessaires et suffisantes portant sur E et $f(z)$ pour que cette dernière admette des polynomes l'approchant uniformément dans E d'aussi près que l'on veut et possédant pour coefficients des nombres algébriques entiers d'un corps quadratique imaginaire donné $P(\eta)$ engendré par $\eta^2 + a\eta + b = 0$ avec $a^2 - 4b < 0$. Naturellement $f(z)$ sera différent dans E de tous les polynomes à coefficients entiers de $P(\eta)$.

3. Ce problème a été soulevé et résolu par J. Pál [1] en 1914 pour le cas où E se réduit à l'intervalle réel $|x| \leq \alpha < 1$ et où $f(x)$ est soumise à la condition

---

(1) *Tohoku Math. J.*, 6, p. 42-43.

d'admettre des polynomes d'approximation à coefficients *rationnels* entiers; il a démontré que $f(0) =$ nombre entier est nécessaire et suffisante pour l'existence de polynomes ayant les propriétés désirées. L'extension du problème de Pál par Kakeya [2] et par moi-même au cas de l'intervalle $(-1, 1)$, (ensemble symétrique par rapport à $x = 0$) en 1915 et, l'année suivante, par Fekete et Lukács au cas des intervalles I : $a \leqq x \leqq b$ de position arbitraire relativement à l'origine, a conduit ces auteurs à des résultats dont nous omettons cependant la citation, car ils sont tous contenus dans ce que nous allons établir. Mais, en terminant cet aperçu historique, signalons encore que la condition $b - a = l < 4$ trouvée par Fekete et Lukács comme nécessaire pour l'approximabilité de $f(x)$ de la manière désirée [et retrouvée en 1923 par Okada [3]] s'exprime comme $\tau(\mathrm{I}) < 1$, moyennant la fonction d'ensemble $\tau(\mathrm{E})$, dite le diamètre transfini de E, introduite en 1923 par l'auteur [4] pour chaque ensemble borné et fermé de points z dans le plan complexe.

4. C'est précisément le diamètre transfini qui nous servira pour énoncer la condition nécessaire pour E afin qu'on puisse y approcher indéfiniment une fonction $f(z)$ du type caractérisé ci-dessus par des polynomes de la façon exigée. Un autre concept que nous appliquons est celui du noyau algébrique $\mathrm{N} = \mathrm{N}(\mathrm{E}, \mathrm{P}(\eta))$ par rapport à un corps $\mathrm{P}(\eta)$ sur un ensemble fermé et borné E, à savoir le sous-ensemble de E formé des racines de chaque équation $z^m + l_1 z^{m-1} + \ldots + l_m = 0$ possédant des entiers du corps $\mathrm{P}(\eta)$ comme coefficients, irréductible dans ce corps et dont les racines sont toutes dans E.

5. Énonçons, moyennant les deux concepts que nous venons de mentionner, un résultat qui nous servira au n° 6 comme notre

Lemme principal. — *Soit* E *un ensemble borné et fermé du plan* z *dont le diamètre transfini* $\tau(\mathrm{E})$ *est plus petit que l'unité. Soit de plus* $\mathrm{P}(\eta)$ *un corps quadratique imaginaire arbitraire. Alors le noyau* $\mathrm{N} = \mathrm{N}(\mathrm{E}, \mathrm{P}(\eta))$ *de* E *est ou bien vide, ou bien contient un nombre fini de points de* E.

Ce lemme est une généralisation d'un théorème de l'auteur [4] et on peut le démontrer pareillement par les propriétés connues des entiers du $\mathrm{P}(\eta)$.

6. On arrive aux conditions nécessaires à l'aide de deux propositions :

Théorème I. — *S'il y a une fonction* $f(z)$ *partout continue dans* E [*non égale à aucun polynome à coefficients entiers du corps* $\mathrm{P}(\eta)$] *qui admet dans* E *des polynomes d'approximation uniforme à tels coefficients avec une précision donnée quelconque, alors* $\tau(\mathrm{E}) < 1$ *et en vertu du lemme principal, le noyau* $\mathrm{N}(\mathrm{E}, \mathrm{P}(\eta))$ *de* E *ne contiendra qu'un nombre fini de points de* E.

Théorème II. — *Si le noyau* N *de* E *est non vide, alors chaque fonction de* $f(z)$ *du type caractérisé dans le théorème précédent admettra en les points* $z_1, \ldots, z_n$

---

(2) *Ibid.*, 6, p. 182-186.
(3) *Ibid.*, 23, p. 26-35.
(4) *Math. Z.*, 17, 1923, p. 228-249.

de E *qui forment le noyau* N *des valeurs* $f(z_\nu)$, $(1 \leqq \nu \leqq n)$ *tels que le polynome interpolatoire lagrangien* $l(z)$ *de* $f(z)$ *relatif aux nœuds* z_ν

$$l(z) = \sum_{\nu=1}^{n} f(z_\nu) \frac{\lambda(z)}{(z - z_\nu)\lambda'(z_\nu)} = l_0 + l_1 z + \ldots + l_{n-1} z^{n-1},$$

$$\lambda(z) = \prod_{\nu=1}^{n} (z - z_\nu) = z^n + \lambda_1 z^{n-1} + \ldots + \lambda_n$$

ne possèdera que des nombres algébriques entiers du corps $P(\eta)$ *comme coefficients.*

7. Pour la démonstration du théorème I, remarquons que par hypothèse, il y a, parmi les polynomes $p(z)$ d'approximation de $f(z)$ au moins deux, soient $p_1(z)$ et $p_2(z)$ différents l'un de l'autre dans E et y satisfaisant partout aux inégalités $|f(z) - p_1(z)| < 1/2$, $|f(z) - p_2(z)| < 1/4$ d'où $q(z) = p_1(z) - p_2(z) \not\equiv 0$ avec $|q(z)| < 3/4$; donc les polynomes tchebycheffiens de E de degré assez grand sont de module-maximum < 1 dans E, vu les conditions concernant les coefficients des $p(z)$ d'où s'ensuit $\tau(E) < 1$ en vertu de la connexion [4] entre cette fonction d'ensemble et les polynomes de Tchebycheff.

Le comportement de $f(z)$ sur le noyau N moyennant les propriétés de $l(z)$ formulées dans le théorème II, découle de l'inégalité $\prod_{\nu=1} |q(z_\nu)| \leqq (3/4)^n$ qui entraîne à son tour $q(z) = 0$ partout dans N, vu les conditions diophantiennes concernant les polynomes d'approximation $p(z)$. Mais de la dernière inégalité il s'ensuit $p_1(z_\nu) = p_2(z_\nu)$, $1 \leqq \nu \leqq n$, pour tous les couples $p_1(z)$, $p_2(z)$ assez proches de $f(z)$ dans E, donc $f(z) = p(z)$ vaut pour tous les $z \in N$ pourvu que $p(z)$ diffère assez peu de $f(z)$ dans E. Alors un tel polynome d'approximation de $f(z)$ est aussi un polynome interpolatoire de cette fonction correspondant aux nœuds qui forment le noyau N, c'est-à-dire $\lambda(z)$ [polynome à coefficients entiers de $P(\eta)$ en z dont la puissance la plus élevée a un coefficient égal à 1] divise $p(z) - l(z)$, le quotient $\mu(z) = [p(z) - l(z)]/\lambda(z)$ étant évidemment un polynome à coefficients entiers de $P(\eta)$, vu nos hypothèses $p(z)$ et $\lambda(z)$; donc $l(z)$ l'est aussi.

8. Les conditions portant sur E et le comportement de $f(z)$ sur $N(E, P(\eta))$ contenues dans les théorèmes I et II et dont nous venons de démontrer la nécessité, fournissent aussi un système suffisant de conditions pour l'approximation voulue. Nous y reviendrons dans une prochaine Note.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'approximation par fonctions analytiques bornées.* Note de M. **Joseph L. Walsh**, présentée par M. Paul Montel.

Des résultats antérieurs de l'auteur sur le degré d'approximation par fonctions analytiques bornées, qui se rapportent aux domaines d'analyticité, peuvent être précisés en considérant l'allure sur la frontière.

Le théorème suivant, dont nous indiquons la démonstration par une méthode nouvelle, est plus précis sous quelques aspects qu'un résultat antérieur [1] qui s'occupe plutôt des $n^{\text{ièmes}}$ racines des modules des fonctions que des modules eux-mêmes :

THÉORÈME. — *Soit* A, *un anneau du plan des* z *dont la frontière consiste en deux courbes de Jordan* C_1 *et* C_0, C_0 *intérieure à* C_1. *Soit la fonction* $u(z)$, *harmonique dans* A, *continue dans la fermeture de* A, *égale à zéro et un sur* C_0 *et* C_1 *respectivement*; *pour tout* $\sigma\,(0<\sigma<1)$, *soit* C_σ *la courbe* $u(z)=\sigma$ *dans* A. *Soit* R, *le module de* A *pour la représentation conforme de* A *sur un anneau circulaire.*

Si la fonction $f(z)$ *est analytique dans l'anneau* (C_0, C_σ), $\sigma=\log R_0/\log R<1$, *continue dans la fermeture de cet anneau, et de classe* $L(p, \alpha)$ *sur* C_σ, *alors il existe des fonctions* $F_n(z)$ *analytiques dans* A *et continues dans la fermeture de* A, *qui vérifient les inégalités* $(n=1, 2, \ldots)$

$$(1)\qquad |f(z)-F_n(z)|\leqq\frac{B_1}{R_0^n\,n^{p+\alpha}},\quad z \text{ sur } C_0,$$

$$(2)\qquad |F_n(z)|\leqq\frac{B_2}{R_0^n}\frac{R_n}{n^{p+\alpha}},\quad z \text{ dans } A.$$

Si cette fonction $f(z)$ *est analytique en tout point intérieur à* C_σ, *et si la courbe* C_0 *est analytique, on peut aussi choisir les* $F_n(z)$ *analytiques à l'intérieur de* C_1.

Réciproquement, si les fonctions $F_n(z)$ *sont analytiques dans* A, *continues dans la fermeture de* A, *si la fonction* $f(z)$ *est continue sur* C_0, *et si les inégalités* (1) *et* (2) *sont valables avec* $p(>0)$ *entier, alors la suite* $F_n(z)$ *converge uniformément dans l'anneau fermé* (C_0, C_σ) *vers une fonction* $f(z)$ *qui est de classe* $L(p-1, \alpha)$ *sur* C_σ.

La classe $L(p, \alpha)$ sur C_σ est définie comme la classe de fonctions dont la $p^{\text{ième}}$ dérivée existe sur C_σ et y satisfait à une condition de Lipschitz d'ordre α, $0<\alpha<1$. Les nombres B_k représentent des constantes, indépendantes de n et de z.

Si C_0 est le cercle $|z|=1$ et C_1 $|z|=R(>1)$, avec

$$f(z)\equiv\sum_{-\infty}^{+\infty}a_n z^n,\qquad f_1(z)\equiv\sum_{0}^{\infty}a_n z^n,$$

$f_2(z)\equiv f(z)-f_1(z)$ dans A, nous avons l'inégalité connue

$$|a_n|\leqq\frac{B_3}{R_0^n\,n^{p+\alpha}}\qquad(n>0).$$

Donc, avec $S_n(z)\equiv\sum_{0}^{n}a_m z^m$, nous avons

$$(3)\qquad |f_1(z)-S_n(z)|\leqq\frac{B_4}{R_0^n\,n^{p+\alpha}}\quad\text{sur } C_0,\qquad |S_n(z)|\leqq\frac{B_5 R^n}{R_0^n\,n^{p+\alpha}}\quad\text{dans } A,$$

ou encore (1) et (2) avec $F_n(z)\equiv S_n(z)+f_2(z)$.

[1] *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 24, 1938, p. 477.

Un anneau A quelconque admet une représentation conforme sur un anneau circulaire, donc nous avons démontré (1) et (2) pour tout anneau.

Si C_0 est analytique et si $f(z)$ est analytique en tout point intérieur à C_σ, nous faisons la représentation conforme $z = \varphi(w)$, $w = \psi(z)$ de A sur l'anneau A' entre $|w| = 1$ et $|w| = R(>1)$ du plan des w. La fonction $\varphi(w)$ est analytique et univalente même dans un anneau $1 - \delta_1 \leqq |w| < R$, $\delta_1 > 0$, et la démonstration déjà donnée montre la validité de l'analogue de (3) sur $|w| = 1 - \delta_i$, donc la validité de

$$(4) \qquad |f(z) - \Phi_n(z)| < \frac{B_6}{R_n^0 . n^{p+\alpha}}, \qquad \Phi_n(z) \equiv S_n[\psi(z)] + f_2[\psi(z)],$$

sur une courbe $C_{-\delta}$ intérieure à C_0. Nous posons

$$(5) \qquad \Phi_{n2}(z) \equiv \frac{1}{2\pi i}\int_{C_{-\delta}} \frac{\Phi_n(t)\,dt}{t - z} \equiv \frac{1}{2\pi i}\int_{C_{-\delta}} \frac{[\Phi_n(t) - f(t)]\,dt}{t - z},$$

z à l'extérieur de $C_{-\delta}$,

$$\Phi_n(z) \equiv \Phi_{n1}(z) + \Phi_{n2}(z) \quad \text{dans A},$$

en vertu de l'analyticité de $f(z)$ à l'intérieur de C_0. Donc (4) et (5) entraînent $|\Phi_{n2}(z)| < B_7/R_0^n\, n^{p+\alpha}$ sur et à l'extérieur de C_0, d'où (1) et (2) avec $F_n(z) \equiv \Phi_{n1}(z)$, fonction analytique partout à l'intérieur de C_1.

Réciproquement, de (1) et (2) avec $p > 0$, on obtient

$$|F_{n+1}(z) - F_n(z)| < \frac{B_8}{R_0^n n^{p+\alpha}}, \quad z \text{ sur } C_0;$$

$$|F_{n+1}(z) - F_n(z)| < \frac{B_9 R^n}{R_0^n n^{p+\alpha}}, \quad z \text{ sur } C_1.$$

Le théorème des trois cercles de M. Hadamard, éventuellement après une représentation conforme de A, montre que

$$|F_{n+1}(z) - F_n(z)| < \frac{B_{10}}{n^{p+\alpha}}, \quad z \text{ sur } C_\sigma,$$

et le fait que $f(z)$ est de la classe $L(p - 1, \alpha)$ sur C_σ suit ([2]). La suite $F_n(z)$ converge uniformément dans l'anneau (C_0, C_σ).

Ce théorème admet des applications immédiates à l'étude de l'approximation par polynomes et par fonctions rationnelles. Il s'étend aux classes $L(p, \alpha)$ avec une définition convenable pour $p < 1$ et même pour $\alpha = 1$. Il s'étend aussi à des domaines de genre plus grand que 1 ([3]). Nous donerons les détails ailleurs.

([2]) *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 37, 1951, p. 821.

([3]) *Voir* M. DE LA VALLÉE POUSSIN, *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 128.

TOPOLOGIE. — *La cohomologie réelle d'un espace fibré à fibre kählérienne.* Note de M. **André Blanchard**, présentée par M. Joseph Pérès.

J'ai récemment donné des conditions pour qu'un espace fibré analytique complexe soit kählérien [1]; ces conditions entraînent des propriétés beaucoup plus précises sur la cohomologie réelle de l'espace fibré.

1. Soit E(B, F) un espace fibré compact connexe dont la fibre F, connexe et de dimension $2n$ possède une classe de cohomologie réelle que nous désignerons par Q, de degré 2, telle que, pour p inférieur à n, la multiplication par Q^{n-p} définisse un isomorphisme de $H^p(F)$ sur $H^{2n-p}(F)$. (Dans tout ce qui suit il s'agit de cohomologie réelle.) Cette hypothèse est vérifiée en particulier si F est une variété pseudo-kählérienne. Supposons de plus Q et $H^1(F)$ invariants par $\pi_1(B)$ groupe de Poincaré de la base, $H^{2n}(F)$ et $H^{2n-1}(F)$ sont alors aussi invariants par $\pi_1(B)$. Tous ces éléments invariants de $H^*(F)$ ainsi que leurs produits avec des éléments de $H^*(B)$ peuvent être considérés comme éléments du terme E_2 de la suite spectrale et l'on peut écrire

$$d_2 Q = \Sigma_k y_k . b_k$$

les b_k formant une base de $H^2(B)$ et les y_k étant dans $H^1(F)$. Soit x un élément de $H^1(F)$, on a $x.Q^n = 0$, d'où

$$0 = d_2(x.Q^n) = (d_2 x).Q^n - n x.Q^{n-1}.d_2 Q. \qquad (1)$$

Si l'on connaît $d_2 Q$, la formule (1) nous donne $(d_2 x)Q^n$ donc $d_2 x$; inversement si l'on connaît $d_2 x$ quel que soit x dans $H^1(F)$ [c'est-à-dire la transgression $H^1(F) \to H^2(B)$] la formule (1) donne les produits de $d_2 Q$ avec les $x.Q^{n-1}$, donc les produits des y_k avec tous les éléments de $H^{2n-1}(F)$, et ceci détermine les y_k c'est-à-dire finalement $d_2 Q$. En particulier la condition nécessaire et suffisante pour que $d_2 Q$ soit nul est que la transgression $H^1(F) \to H^2(B)$ soit nulle.

Supposons que $d_2 Q$ soit nul, alors Q et ses puissances sont dans le terme E_3 de la suite spectrale, $d_3 Q$ est un élément b de $H^3(B)$ et comme $Q^{n+1} = 0$ on a

$$0 = d_3(Q^{n+1}) = (n+1) b.Q^n,$$

ce qui entraîne la nullité de $b = d_3 Q$: la classe Q est alors induite par une classe de l'espace fibré.

Théorème 1. — *Soit* E(B, F) *un espace fibré compact connexe dont la fibre* F *connexe est pseudo-kählérienne. On suppose que le groupe de cohomologie réelle* $H^1(F)$ *et la classe de cohomologie réelle* Q *de degré deux de* F *définie par*

la structure pseudo-kählérienne sont invariants par le groupe de Poincaré de la base. Alors la condition nécessaire et suffisante pour que Q *soit induite par une classe de cohomologie de l'espace est que la transgression* $H^1(F) \to H^2(B)$ *soit nulle.*

2. Supposons maintenant que tous les groupes $H^p(F)$ soient invariants par $\pi_1(B)$. On va montrer que si $d_2 Q$ est connu, d_2 est complètement déterminé. Supposons d_2 connu sur les classes de degré inférieur à r (r inférieur à $n = \dim F/2$), alors d_2 est connu aussi sur les classes de degré supérieur à $2n - r$, ces classes étant des produits de classes de degré inférieur à r par des puissances convenables de Q. Soit alors x une classe de degré $r+1$ de F, $d_2 x$ est dans $H^r(F) \otimes H^2(B)$ et peut être déterminé par ses produits avec les éléments de $H^{2n-r}(F)$: or si z est dans $H^{2n-r}(F)$ on a $x.z = 0$ pour une raison de degré ; donc

$$0 = d_2(x.z) = (d_2 x).z + (-1)^{r-1} x.(d_2 z)$$

comme on connaît $d_2 z$ on peut trouver $d_2 x$, ceci montre par récurrence sur le degré fibre que d_2 est déterminé.

En particulier si $d_2 Q = 0$, d_2 est identiquement nul. On va voir que toutes les différentielles de Leray sont nulles. Soit d_s la première différentielle qui ne serait pas nulle, le terme E_s est isomorphe à E_2. Supposons d_s nul sur les classes de degré inférieur à r, on voit comme plus haut que d_s est nul sur les classes de degré supérieur à $2n - r$. Si x est une classe de degré $r+1$ de F, $d_s x$ est dans $H^{r-s+2}(F) \otimes H^s(B)$ et sera déterminé par ses produits avec les z, éléments de $H^{2n-r+s-2}(F)$, mais on a alors $x.z = 0$ car le degré fibre de $x.z$ est $2n + s - 1 > 2n$, et $d_s z = 0$ car $2n - r + s - 2$ est au moins égal à $2n - r$. Donc $(d_s x).z = 0$ et $d_s x = 0$.

THÉORÈME 2. — *Soit* E(B, F) *un espace fibré compact connexe à fibre pseudo-kählérienne connexe, si* $H^*(F)$ *est invariant par le groupe de Poincaré de* B, *la nullité de la transgression* $H^1(F) \to H^2(B)$ *entraîne la nullité de toutes les différentielles de Leray : les espaces vectoriels de cohomologie réelle de* E *sont alors isomorphes à ceux de* $B \times F$.

En particulier si E(B, F) est un espace fibré-algébrique, son groupe structural est connexe donc $H^*(F)$ est invariant par $\pi_1(B)$ et la nullité de la transgression $H^1(F) \to H^2(B)$ résulte du théorème énoncé dans ([1]) d'où :

COROLLAIRE. — E(B, F) *étant une variété fibrée-algébrique complète (en géométrie algébrique classique) les espaces vectoriels de cohomologie réelle de* E *sont isomorphes à ceux de* $B \times F$.

([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2281.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les groupes d'automorphismes de certaines variétés kählériennes.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Joseph Pérès.

Isométries et automorphismes d'une variété kählerienne. Étude des variétés kähleriennes compactes qui sont espaces d'Einstein : il existe un isomorphisme entre l'algèbre du groupe G d'automorphismes et une algèbre définie sur l'espace des solutions de $\Delta\varphi = \lambda_0\varphi$, où λ_0 est la plus petite valeur propre. Un plongement relatif aux espaces homogènes kähleriens.

1. Soit une variété kählerienne dont la métrique et la forme quadratique sont respectivement [1]

$$ds^2 = 2g_{\alpha\beta^*}dz^\alpha dz^{\beta^*} \qquad F = ig_{\alpha\beta^*}dz^\alpha \wedge dz^{\beta^*}.$$

On désignera par d et δ les opérateurs de différentiation et codifférentiation extérieures, par Δ le laplacien de G. de Rham (pour une o-forme, il est opposé au laplacien ordinaire), par J l'opérateur presque complexe qui à la 1-forme α fait correspondre la 1-forme $(J\alpha)_i = F^k{}_i\alpha_k$.

Étant donné un groupe à 1 paramètre d'isométries de V_{2n} supposée irréductible, considérons la dérivée de Lie correspondante XF de F; si elle n'est pas nulle, elle définit une 2-forme Ψ de type (2, 0) à dérivée covariante nulle, nécessairement de rang $n (n = 2\nu)$; Ψ^ν est de type $(n, 0)$ et à dérivée covariante nulle; la courbure de Ricci de V_{2n} est nulle. On en déduit aisément en jouant sur la réductibilité [2] (le cas compact est trivial).

Théorème 1. — *Si V_{2n} est une variété kählerienne avec $\|R_{ij}\| \neq 0$, le plus grand groupe connexe d'isométries de V_{2n} préserve sa structure analytique.*

Un automorphisme de V_{2n} est un homéomorphisme analytique et isométrique. Soit G le plus grand groupe connexe d'automorphismes de V_{2n}; les éléments de son algèbre de Lie L peuvent être identifiés aux formes de Killing ξ, c'est-à-dire aux 1-formes telles que

$$(1) \qquad \nabla_\alpha\xi_\beta = 0, \qquad \nabla_\alpha\xi_{\beta^*} + \nabla_{\beta^*}\xi_\alpha = 0.$$

Les relations (1) entraînent en particulier

$$(2) \qquad dJ\xi = 0, \qquad \nabla_\alpha\xi^\alpha = \frac{i}{2}\delta J\xi.$$

Or par contraction des équations exprimant l'invariance de la connexion riemannienne, il vient [2]

$$\nabla_\mu\nabla_\alpha\xi^\alpha = R_{\mu\rho^*}\xi^{\rho^*}, \qquad \nabla_{\mu^*}\nabla_\alpha\xi^\alpha = -R_{\mu^*\rho}\xi^\rho,$$

[1] *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 12 et 237, 1953, p. 695, dont nous reprenons les notations. En particulier $\alpha, \ldots = 1, \ldots, n$; $i, \ldots = 1, \ldots, 2n$; $i^* = i \pm n$.

[2] Lichnerowicz, *Espaces homogènes kähleriens* (*Coll. int. géom. diff. Strasbourg*, 1953, en particulier, p. 176-178).

qui, compte tenu de (2), s'écrivent :

(3) $$(\Delta J\xi)_i = (d\delta J\xi)_i = 2R_{ik}(J\xi)^k.$$

2. Nous n'envisageons maintenant que des variétés *kähleriennes compactes espaces d'Einstein* (variétés E_{2n}) c'est-à-dire telles que $2R_{\alpha\beta^*} = \lambda_0 g_{\alpha\beta}$ ($\lambda_0 = R/n \neq 0$). De telles variétés n'admettent un groupe G non réduit à l'identité que pour $R > 0$, ce que nous supposons. E_{2n} admet la métrique de Hodge définie par $(2\pi)^{-1} R_{\alpha\beta^*}$ et par suite (Kodaira) peut être identifiée à une variété algébrique sans singularité plongée dans un espace projectif complexe convenable; (3) s'écrit

(3′) $$\Delta J\xi = \lambda_0 J\xi.$$

THÉORÈME 2. — *Sur une variété compacte* E_{2n} (*φ désignant une* 0-*forme*) :

a. l'équation $\Delta\varphi = \lambda\varphi$ *n'admet pas de valeur propre* $\lambda < R/n$;

b. pour l'équation

(4) $$\Delta\varphi = \frac{R}{n}\varphi,$$

il existe un isomorphisme entre l'algèbre de Lie du groupe G *d'automorphismes de* E_{2n} *et une algèbre définie sur l'espace des solutions de* (4). *Cet isomorphisme peut être défini par*

(5) $$\xi = J\,d\varphi,$$

(6) $$\lambda_0\varphi = -\delta J\xi,$$

v_i désignant une 1-forme arbitraire sur une variété riemannienne V_m, le scalaire

$$T(v) = v^i(\nabla_k\nabla^k v_i + R_{ik}v^k) - (\delta v)^2 + \frac{1}{2}(\nabla_i v_k + \nabla_k v_i)(\nabla^i v^k + \nabla^k v^i),$$

est une *divergence* sur V_m [3]. De (3′) on déduit $\Delta\delta J\xi = \lambda_0\delta J\xi$ et φ, défini par (6), est solution de (4). Inversement soit φ solution de $\Delta\varphi = \lambda\varphi$, ξ la 1-forme $J\,d\varphi$. Sur E_{2n}, on a :

$$T(\xi) = (\lambda_0 - \lambda)\xi^2 + \frac{1}{2}(\nabla_\alpha\xi_\beta + \nabla_\beta\xi_\alpha)(\nabla^\alpha\xi^\beta + \nabla^\beta\xi^\alpha)$$

et par intégration sur E_{2n}, on voit que $\lambda < \lambda_0$ ne peut être valeur propre. Pour $\lambda = \lambda_0$ le même procédé montre que ξ satisfait à (1) donc est forme de Killing. L'algèbre de Lie sur l'espace des solutions de (4) est définie par

$$[\varphi, \psi] = F^{ij}\partial_i\varphi\,\partial_j\psi = \xi^j\partial_j\psi.$$

Les deux algèbres étant identifiées, lorsque G opère sur E_{2n}, la représentation adjointe opère sur l'espace des solutions de (4).

3. On sait [2] que l'étude des espaces homogènes kähleriens compacts peut toujours être ramenée à celle des espaces G/H où G est simple, de centre réduit à e et où H est le centralisateur dans G d'un tore de G. Pour un tel espace qui

[3] YANO et BOCHNER, *Curvature and Betti numbers* (Princeton Univ. press, p. 56-57).

satisfait à $c_1^n \neq 0$ (c_1 première classe de Chern) la forme $R_{\alpha\beta^*} dz^\alpha dz^{\beta^*}$ est non dégénérée et par suite, d'après un résultat de Koszul, définie positive. Pour la métrique correspondante, l'espace étant homogène est un E_{2n}. Les solutions de (4) forment un système irréductible de fonctions fondamentales. Soit r la dimension de G, N(H) le normalisateur de H dans G (sa composante de e coïncide avec H). Le système étudié de fonctions fondamentales définit *un plongement global* (non isométrique en général) *de* G/N(H) *dans l'espace euclidien réel de dimension r*, G opérant sur la variété plongée par des rotations d'origine fixe. Si l'espace est symétrique, on précise ainsi un plongement (isométrique dans ce cas puisque $\tilde{H}$ est irréductible) indiqué par Élie Cartan ([4]).

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur la correspondance projective entre deux espaces pseudo-hermitiens*. Note (*) de M. **Kentaro Yano**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans les espaces pseudo-hermitiens il existe plusieurs connexions métriques avec torsion; le problème de la correspondance projective entre eux dépend du choix de ces connexions.

1. On a déjà étudié le problème de la correspondance projective entre deux espaces hermitiens ou kähleriens ([1]).

La connexion affine dans un espace pseudo-kählerien est complètement déterminée par ses tenseurs fondamentaux g_{ji} et F_{ji} et leurs dérivées covariantes sont nulles par rapport à cette connexion. Mais la connexion affine dans un espace pseudo-hermitien n'est pas complètement déterminée par ses tenseurs fondamentaux. Donc le problème de la correspondance projective entre deux espaces pseudo-hermitiens dépend de la connexion affine qu'on donne à ces deux espaces pseudo-hermitiens.

Il nous semble qu'il existe trois connexions affines importantes dans un espace pseudo-hermitien ([2])

$$\Gamma^h_{ji} = \left\{ {h \atop ji} \right\} - \frac{1}{2}(\nabla_j F_{il}) F^{lh}, \tag{1}$$

$$\Gamma^h_{ji} = \left\{ {h \atop ji} \right\} - \frac{1}{2}(\nabla_j F_{il} + \nabla_i F_{jl} - \nabla_l F_{ij}) F^{lh}, \tag{2}$$

$$\Gamma^h_{ji} = \left\{ {h \atop ji} \right\} - \frac{1}{2}(\nabla_j F_{il} + \nabla_i F_{jl} + \nabla_l F_{ij}) F^{lh}; \tag{3}$$

([4]) Élie Cartan, *Œuvres complètes*, I, p. 1078-1079; *voir* aussi G. de Rham, *Ann. Grenoble*, 22, 1946, p. 148-151).

(*) Séance du 27 octobre 1954.

([1]) N. Coburn, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 47, 1941, p. 901-910; S. Bochner, *Ibid.*, 53, 1947, p. 179-195; W. J. Westlake, *Proc. Amer. Math. Soc.*, 5, 1954, p. 301-303.

([2]) G. Legrand, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1626. K. Yano, *Indigationes Mathematicae* (sous presse). Pour les notations on adopte celles de J. A. Schouten, *Ricci Calculus*, 1954.

où ∇_j désigne la dérivée covariante par rapport aux symboles de Christoffel $\{ {}^{h}_{ji} \}$. Les dérivées covariantes des tenseurs fondamentaux sont toujours nulles par rapport à une de ces trois connexions.

La première connexion a été introduite par A. Lichnerowicz (³) et la seconde par J. A. Schouten et D. van Dantzig (⁴), S. S. Chern (⁵) et P. Libermann (⁶). Le problème de la correspondance projective entre deux espaces hermitiens a été étudié par W. J. Westlake (⁷) en prenant la seconde connexion.

Nous allons étudier le problème général de la correspondance projective entre deux espaces pseudo-hermitiens.

2. Considérons deux espaces pseudo-hermitiens en correspondance projective dont les connexions affines sont respectivement données par

$$'\Gamma^h_{ji} = '\left\{ {h \atop ji} \right\} + 'T_{ji}^{\cdot\cdot h}, \qquad \Gamma^h_{ji} = \left\{ {h \atop ij} \right\} + T_{ij}^{\cdot\cdot h}.$$

Alors, on a

$$(4) \qquad '\Gamma^h_{(ji)} = \Gamma^h_{(ji)} + p_j A^h_i + p_i A^h_j$$

ou

$$(5) \qquad '\Gamma^h_{ji} - 'S_{ji}^{\cdot\cdot h} = \Gamma^h_{ji} - S_{ji}^{\cdot\cdot h} + p_j A^h_i + p_i A^h_j,$$

où nous avons posé

$$'S_{ji}^{\cdot\cdot h} = '\Gamma^h_{[ji]} = 'T_{[ji]}^{\cdot\cdot\,h}, \qquad S_{ji}^{\cdot\cdot h} = \Gamma^h_{[ji]} = T_{[ji]}^{\cdot\cdot\,h}.$$

Mais le tenseur fondamental $F_i^{\cdot h}$ devant être le même pour deux espaces et les dérivées covariantes de $F_i^{\cdot h}$ par rapport aux connexions $'\Gamma^h_{ji}$ et Γ^h_{ji} devant être nulles toutes les deux, on a

$$\partial_j F_i^{\cdot h} + '\Gamma^h_{jl} F_i^{\cdot l} - '\Gamma^l_{ji} F_l^{\cdot h} = 0, \qquad \partial_j F_i^{\cdot h} + \Gamma^h_{jl} F_i^{\cdot l} - \Gamma^l_{ji} F_l^{\cdot h} = 0,$$

d'où

$$(6) \qquad ('\Gamma^h_{jl} - \Gamma^h_{jl}) F_i^{\cdot l} - ('\Gamma^l_{ji} - \Gamma^l_{ji}) F_l^{\cdot h} = 0.$$

Des équations (5) et (6), on trouve

$$(7) \qquad ('S_{jl}^{\cdot\cdot h} - S_{jl}^{\cdot\cdot h} + p_l A^h_j) F_i^{\cdot l} - ('S_{ji}^{\cdot\cdot l} - S_{ji}^{\cdot\cdot l} + p_i A^l_j) F_l^{\cdot h} = 0,$$

d'où par contraction par rapport à h et j,

$$(8) \qquad ('S_{ml}^{\cdot\cdot m} - S_{ml}^{\cdot\cdot m} + 2n p_l) F_i^{\cdot l} - ('S_{mi}^{\cdot\cdot l} - S_{mi}^{\cdot\cdot l}) F_l^{\cdot m} = 0.$$

Donc on peut immédiatement voir que si les espaces sont tous les deux pseudo-kählériens, on a $'S_{ji}^{\cdot\cdot h} = S_{ji}^{\cdot\cdot h} = 0$ et par conséquent $p_i = 0$ d'où la correspondance projective est en réalité affine comme il a été montré par S. Bochner et W. J. Westlake.

(³) *Archiv der Math.*, 5, 1954, p. 207-215.

(⁴) *Math. Ann.*, 103, 1930, p. 319-346.

(⁵) *Ann. Math.*, 47, 1946, p. 85-121.

(⁶) *Thèse*, 1954.

(⁷) *Loc. cit.*

En éliminant p_l entre (7) et (8), on voit que *le tenseur*

$$(9)\quad \left[S_{ji}{}^{h} - \frac{1}{2n}(S_{\dot{m}l}{}^{m} + S_{\dot{q}\dot{p}}{}^{r}F_{r}{}^{q}F_{l}{}^{p})A_{j}^{h}\right]F_{i}{}^{l} - S_{ji}{}^{l}F_{l}{}^{h} + \frac{1}{2n}(S_{\dot{m}i}{}^{m} + S_{\dot{q}\dot{p}}{}^{r}F_{r}{}^{q}F_{i}{}^{p})F_{j}{}^{h}$$

doit être le même pour deux espaces pseudo-hermitiens.

Donc, pour savoir si la correspondance projective entre deux espaces pseudo-hermitiens est possible ou non, il faut examiner la compatibilité de l'équation (7) pour chaque connexion (1), (2) ou (3) que l'on adopte.

MÉCANIQUE THÉORIQUE. — *Solution générale approximative des équations de la plasticité pour le cas de deux dimensions.* Note (*) de M. **Matthias Matschinski**, présentée par M. Henri Villat.

En linéarisant la condition de Treska (B) l'auteur obtient les solutions générales approximatives (*voir* Tableau), remarquables par leur simplicité et applicables facilement aux cas particuliers. Un exemple du plissement sous compression est considéré (*voir* la figure), plissement donnant lieu à certain effet de « miroir ». Les poids sont éliminés d'après la méthode indiquée dans « Annali di Geofisica », n° 1, p. 1 (1954).

1. Pour les phénomènes ne dépendant que de deux coordonnées cartésiennes (x, y), phénomènes si lents qu'on peut négliger l'influence de l'inertie, les équations des tensions plastiques X_{11}, X_{12}, X_{22} sont : (A) div. tens. $X_{ij} = 0$ et (B) $(X_{11} - X_{22})^2 + 4X_{12}^2 = \text{const.} = k^2$. Les équations (A) caractérisent en élasticité les états d'équilibre, tandis qu'en plasticité elles décrivent les états essentiellement instables ou même les processus lents. (En élasticité les conditions de compatibilité nous amènent à une équation *linéaire* pour la fonction d'Airy $\Delta\Delta\Phi = 0$. En plasticité ces conditions n'existent pas.) La fonction Φ d'Airy doit ici satisfaire à la condition (B) de Treska. On a

$$(C)\qquad \sqrt{\left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2} - \frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2}\right)^2 + 4\left(\frac{\partial^2\Phi}{\partial x\,\partial y}\right)^2} = k.$$

L'équation (C) étant *non-linéaire*, les difficultés de résolution sont en plasticité beaucoup plus grandes qu'en élasticité. (La méthode de M. Lévy (1870), la seule pour résoudre (A) et (B), ne donne pas les intégrales, mais leurs inverses et, étant difficilement applicable, n'a jamais été utilisée pour les cas particuliers.) Cependant une possibilité de linéarisation de (C) existe. On prouve facilement que parmi toutes les représentations d'une racine carrée $\sqrt{a^2 + b^2}$ dans le domaine $a < b$ par les fonctions linéaires, la représentation (D) $\sqrt{a^2 + b^2} \equiv \gamma_1 a + \gamma_2 b$; $\gamma_1 = 0{,}398$, $\gamma_2 = 0{,}960$ est la meilleure, les écarts relatifs sont $< 4\ \%$. Appliquant (D) à (C), on a

$$(E)\quad \gamma_1\left|\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2} - \frac{\partial^2\Phi}{\partial y^2}\right| + 2\gamma_2\left|\frac{\partial^2\Phi}{\partial x\,\partial y}\right| = k, \qquad \text{ou} \qquad \gamma_2\left|\frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2} - \frac{\partial^2\Phi}{\partial x^2}\right| + 2\gamma_1\left|\frac{\partial^2\Phi}{\partial x\,\partial y}\right| = k,$$

(*) Séance du 15 novembre 1954.

selon le cas. Modifiant, même légèrement, l'équation (A), on introduit une faute dans les solutions, car (A) est exact. Au contraire, (B) n'est qu'une description approximative des courbes expérimentales, s'écartant de plus de 4 % de ces dernières. C'est encore une question de savoir qui de (B) ou de (E) est plus proche de la réalité et c'est pourquoi il est inutile de parler d'une faute introduite dans les solutions par l'acceptation de (E). Si l'on introduit Φ sous la forme (F) $\Phi = F_1(n_1 x + m_1 y) + F_2(n_2 x + m_2 y)$ on obtient les solutions pour X_{11}, X_{12}, X_{22} contenant deux fonctions arbitraires : $f = F_1'''$ et $g = F_2'''$.

Conditions.	Solutions.
$X_{22} > X_{11}$, $X_{12} \gtrless 0$ $X_{22} - X_{11} > 2\lvert X_{12}\rvert$	$X_{11} = 9f(6x \pm 9y) + 4g(6x \mp 4y) + \dfrac{\alpha k}{\gamma_2}$
$X_{22} = 4f(6x \pm 9y) + 9g(6x \mp 4y) + \dfrac{\beta k}{\gamma_2}$	$X_{12} = \pm 6f(6x \pm 9y) \mp 6g(6x \mp 4y) \pm \dfrac{(1 + \alpha - \beta)k}{2\gamma_1}$
$X_{22} > X_{11}$, $X_{12} \gtrless 0$ $X_{22} - X_{11} < 2\lvert X_{12}\rvert$	$X_{11} = 25f(5x \pm 25y) + g(5x \mp y) + \dfrac{\alpha k}{\gamma_1}$
$X_{22} = f(5x \pm 25y) + 25g(5x \mp y) + \dfrac{\beta k}{\gamma_1}$	$X_{12} = \pm 5f(5x \pm 25y) \mp 5g(5x \mp y) \pm \dfrac{(1 + \alpha - \beta)k}{2\gamma_2}$
$X_{22} < X_{11}$, $X_{12} \gtrless 0$ $X_{11} - X_{22} > 2\lvert X_{12}\rvert$	$X_{11} = 9f(6x \mp 9y) + 6g(6x \pm 4y) + \dfrac{\alpha k}{\gamma_2}$
$X_{22} = 4f(6x \mp 9y) + 9g(6x \pm 4y) + \dfrac{\beta k}{\gamma_2}$	$X_{12} = \mp 6f(6x \mp 9y) \pm 6g(6x \pm 4y) \pm \dfrac{(1 - \alpha + \beta)k}{2\gamma_1}$
$X_{22} < X_{11}$, $X_{12} \gtrless 0$ $X_{11} - X_{22} < 2\lvert X_{12}\rvert$	$X_{11} = 25f(5x \mp 25y) + g(5x \pm y) + \dfrac{\alpha k}{\gamma_1}$
$X_{22} = f(5x \mp 25y) + 25g(5x \pm y) + \dfrac{\beta k}{\gamma_1}$	$X_{12} = \mp 5f(5x \mp 25y) \pm 5g(5x \pm y) \pm \dfrac{(1 - \alpha + \beta)k}{2\gamma_2}$

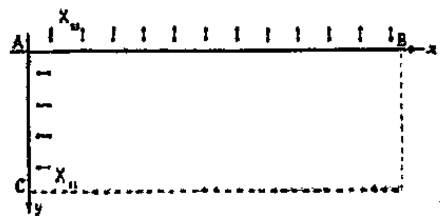
Dans le Tableau ces solutions sont sommairement représentées pour tous les cas possibles. Quand les tensions sont déterminées, pour trouver les déformations $u = \partial F/\partial y$, $v = -\partial F/\partial x$, on n'a qu'à résoudre l'équation

$$\text{(G)} \qquad (X_{11} - X_{22})\left(\frac{\partial^2 F}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}\right) = 4X_{12}\frac{\partial^2 F}{\partial x\,\partial y}$$

qui est aussi linéaire.

2. Les formes qu'on obtient par cette voie et qui figurent sur le tableau, sont extrêmement simples ; elles rivalisent dans ce sens avec la solution de d'Alembert de l'équation d'ondes. Les applications peuvent en être très nombreuses. A titre d'exemple, considérons le plissement sous compression. Nous ne nous bornerons qu'au moment initial de ce phénomène, phénomène équivalent à celui qui nous amène au critérium d'Euler en élasticité. Imaginons (*fig.* 1) qu'un morceau plastique soit comprimé horizontalement plus que verticalement ($X_{11} > X_{22}$). Ce morceau peut être considéré soit comme une pièce plastique à l'échelle humaine, soit comme une partie de l'écorce à l'échelle du Globe. Dans ce dernier cas, supposons qu'au-dessus de la ligne AB se trouvent les parties peu plastiques, ou même morcelées, qui produisent la

pression. Ce morcellement aura pour effet que sur AB n'existeront que des pressions (H) $X_{12}|_{AB}=0$. Sur l'élimination du poids *voir* l'article cité. Alors



on a $2|X_{12}|<X_{11}-X_{22}$. Si l'on suppose $X_{12}>0$, de la condition (H), il découle

(I) $$X_{11}=9f(6x-9y)+4f(6x+4y)+\text{const.},\quad\ldots$$

Il nous reste encore à satisfaire aux conditions des pressions horizontales

(J) $$X_{11}|_{x=0}=9f(-9y)+4f(4y)+\text{const.}=\sum_i A_i\cos(n_i y+\varphi_i)+\text{const.},$$

où le deuxième membre représente une pression donnée (sur les causes de ces pressions *voir* l'article cité). La solution de (J) est

(K) $$f(z)=\frac{1}{9}\sum_i A_i\sum_k\left(-\frac{4}{9}\right)^k\cos\left[\frac{n_i z}{9}\left(-\frac{4}{9}\right)^k-\varphi_i\right],$$

les tensions sur AB (— tensions créant les plis) sont approximativement

(L) $$X_{22}|_{y=0}=\frac{13}{9}\sum_i A_i\left\{\underline{\cos\left(\frac{2n_i z}{3}-\varphi_i\right)}-\frac{4}{9}\cos\left(\frac{8n_i z}{27}+\varphi_i\right)\quad\ldots\right\}.$$

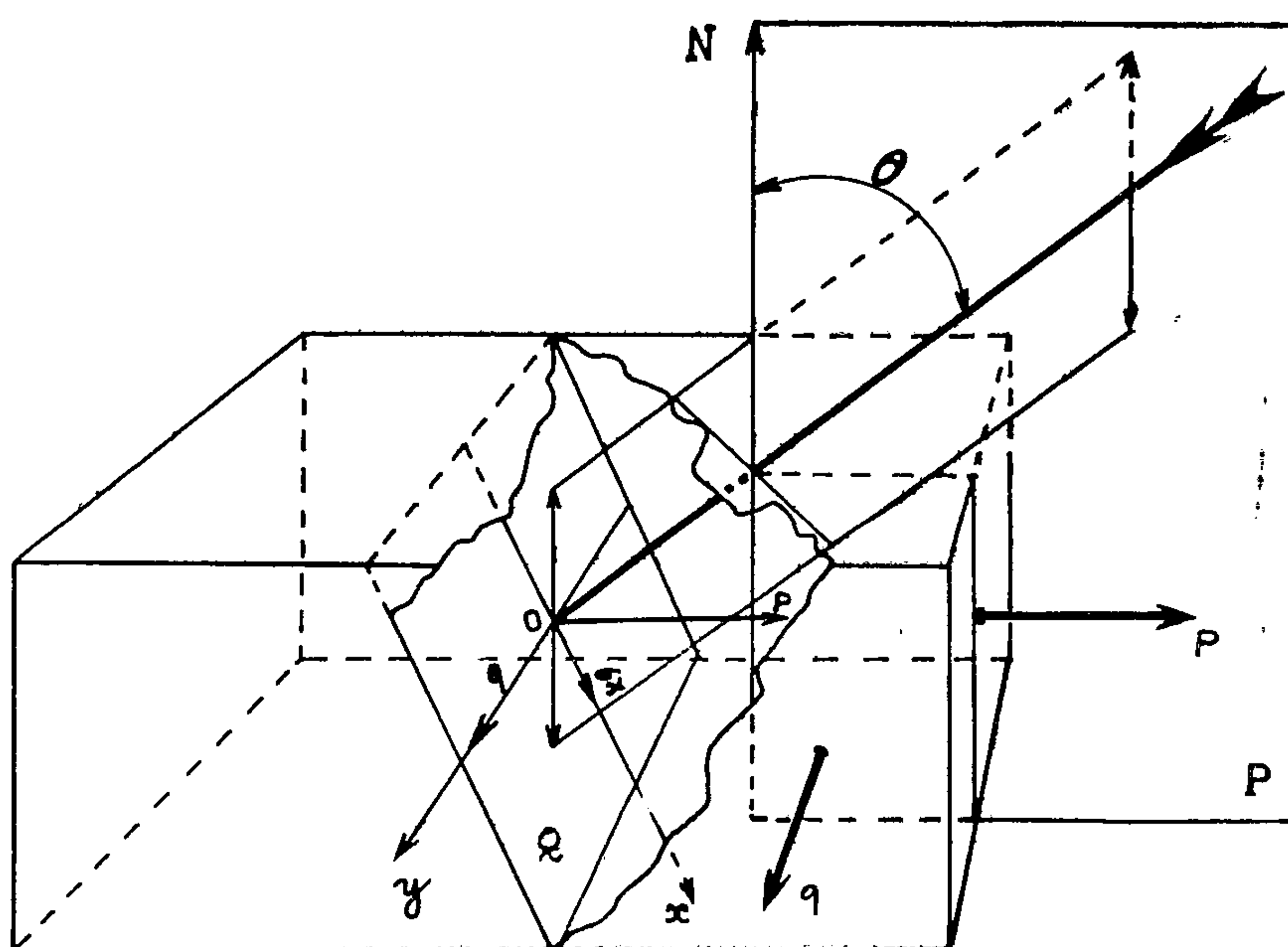
On voit ainsi qu'un phénomène de « miroir » existe : *la distribution des pressions en profondeur sur* AC *se reproduit, allongée aux* 3/2 *et un peu déformée, sur* AB. C'est l'inhomogénéité des couches qui déterminera la forme de Σ dans (J). Le pli le plus large correspondra approximativement à la largeur totale des couches en plissement.

ÉLASTICITÉ. — *Méthode optique de mesure et séparation des contraintes en élasticité plane.* Note de M. **Paul Acloque**, présentée par M. Armand de Gramont.

En utilisant un faisceau oblique polarisé à 45° du plan d'incidence, il est possible d'obtenir, par une seule visée dans chacun des plans principaux d'un échantillon étudié par photoélasticimétrie plane, les valeurs séparées des contraintes, même en des zones singulières.

La méthode habituelle pour l'étude des contraintes planes dans un matériau transparent susceptible de biréfringence accidentelle utilise l'observation polariscopique perpendiculairement aux faces de l'échantillon, observation qui permet la construction des isoclines d'où l'on déduit les isostatiques, et des isochromes d'où l'on tire la différence $(p-q)$ des contraintes principales. Mais ces contraintes ne peuvent être séparées directement qu'aux limites de l'échantillon.

La présente méthode permet de séparer immédiatement les contraintes par le moyen de mesures de biréfringence suivant un rayon lumineux incliné sur la normale aux faces de l'échantillon et polarisé à 45° du plan d'incidence. Pour obtenir, sans sujétion d'angle limite, une valeur quelconque de l'angle d'incidence, il est commode d'utiliser un prisme de même matière que l'échantillon à l'entrée et à la sortie du rayon lumineux, une mince interposition d'un liquide transparent assurant le contact optique. On peut envisager deux dispositions, l'une permettant l'observation par transmission, l'autre l'observation par réflexion (totale ou partielle) sur la deuxième face de l'échantillon.



Soit un mince pinceau lumineux cylindrique polarisé tombant sous l'incidence θ sur une face de l'échantillon et soit Q un plan perpendiculaire à ce faisceau en un point intérieur. Nous supposerons que le plan d'incidence est confondu aves le plan P, ce qui peut toujours être réalisé.

La vibration, située à 45° du plan d'incidence, se décompose en deux vibrations rectangulaires orientées suivant les directions principales secondaires Ox et Oy. Les contraintes selon ces axes sont σ_x et q.

La biréfringence δ_1 observée dans ces conditions est

$$\delta_1 = k\varepsilon(q - \sigma_x) + \varphi(\theta).$$

k est la constante photoélastique de la substance en étude et ε la longueur géométrique du chemin parcouru par la lumière dans le milieu biréfringent. Quant à $\varphi(\theta)$ c'est une fonction de l'angle θ qui caractérise le déphasage résultant des phénomènes de réfraction ou de réflexion impliqués par le procédé; si la réflexion est seulement partielle, ce terme est nul. Dans les cas où il n'est

pas nul, il ne dépend pas, en général, de la contrainte et l'on peut soit l'éliminer par une visée dans le même milieu en l'absence de contrainte, soit en tenir compte par le calcul. Nous ne le ferons donc pas figurer dans les équations ultérieures et écrirons simplement :

$$\delta_1 = k\varepsilon\,(q - \sigma_x).$$

σ_x n'est autre que l'effort tranchant dans le plan perpendiculaire au rayon, et c'est donc $p\cos^2\theta$. La biréfringence devient ainsi

$$(1)\qquad \delta_1 = k\varepsilon(q - p\cos^2\theta).$$

S'il s'agit d'une contrainte isotrope ($p = q$), la connaissance de cette biréfringence suffit à résoudre le problème, et l'on peut écrire

$$p = q = \frac{\delta_1}{k\varepsilon(1 - \cos^2\theta)},$$

équation qui résout le problème de la détermination directe des contraintes en une zone singulière.

Si la contrainte n'est pas isotrope, on fera une deuxième observation, plaçant le plan d'incidence parallèlement à l'autre plan principal, et l'on trouvera une différence de marche δ_2 donnée par l'équation :

$$(2)\qquad \delta_2 = k\varepsilon\,(p - q\cos^2\theta)$$

En comparant (1) et (2), on obtient

$$q = \frac{\delta_1 + \delta_2\cos^2\theta}{1 - \cos^4\theta}\cdot\frac{1}{k\varepsilon}, \qquad p = \frac{\delta_2 + \delta_1\cos^2\theta}{1 - \cos^4\theta}\cdot\frac{1}{k\varepsilon},$$

ce qui détermine séparément les deux contraintes principales.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la loi de variation du paramètre de forme de la couche limite turbulente en fonction du nombre de Mach.* Note (*) de MM. **Gérard Gontier** et **André Martinot-Lagarde**, présentée par M. Joseph Pérès.

Pour une couche limite turbulente le long d'une plaque plane, nous montrons que la loi de variation du paramètre de forme en fonction du nombre de Mach est sensiblement parabolique. Dans le cas d'un gradient de pression négatif même notable, l'expérience montre que la loi reste valable avec le même coefficient numérique.

Dans la couche limite turbulente le long d'une plaque plane, nous avions trouvé [1] que les profils de vitesse étaient très voisins d'un profil unique de la

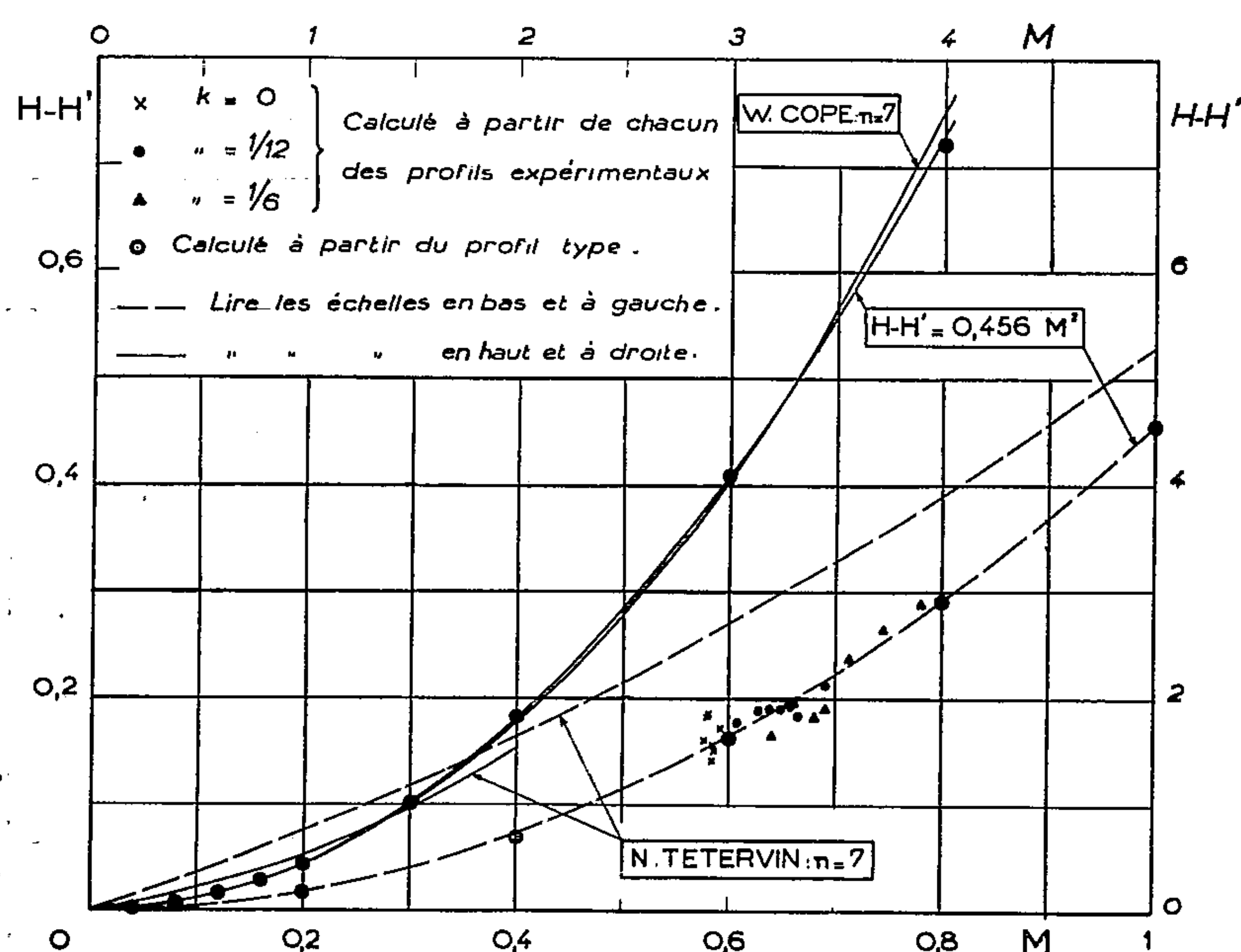
(*) Séance du 15 novembre 1954.

[1] G. Gontier et A. Martinot-Lagarde, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 966.

forme

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{y}{\Delta} < a, & \dfrac{v}{V} = A\left(\dfrac{y}{\Delta}\right)^{\frac{1}{n}}; \\ a < \dfrac{y}{\Delta} < b, & 1 - \dfrac{v}{V} = K\left(b - \dfrac{y}{\Delta}\right)^{2}. \end{cases}$$

(Δ, arbitraire ; A, K, a, b, constantes dépendant de Δ ; V, vitesse à la frontière de la couche limite). Le gradient de pression était nul ou faible ; le nombre de Mach M à la frontière de la couche limite était compris entre 0,37 et 0,86 et le nombre de Reynolds entre 3.10^5 et 3.10^6.



En posant v proportionnel à $y^{1/n}$ pour le profil entier et en admettant que la température d'arrêt reste constante, N. Tetervin ([2]), puis W. F. Cope ([3]), ont calculé l'influence de la compressibilité sur le paramètre de forme H, rapport de l'épaisseur de déplacement δ_1 à l'épaisseur de quantité de mouvement δ_2. N. Tetervin donne une loi approchée $H = f(M)$ pour $0,16 < M < 2$; W. Cope donne l'intégrale exacte et effectue les calculs pour $M < 4$.

Soit H′ le paramètre de forme qui correspond à un fluide incompressible. Nous avons d'abord montré que pour M petit, on a, quel que soit le profil de vitesse, $H - H'$ proportionnel à M^2.

Puis nous avons calculé H′, de façon analogue à celle de Tetervin et Cope, mais en utilisant notre « profil type » (1). Soit λ le rapport entre V et la vitesse

([2]) *N. A. C. A.*, *Wartime Report*, A. C. R. n° L6A22, 1946.

([3]) *Aeronautical Research Council*, C. P. n° 89, 1952.

limite de l'écoulement irrotationnel. Nous avons obtenu :

$$\frac{\delta_1}{\Delta} = \frac{\delta'_1}{\Delta} + \sum_{i=1}^{i=\infty} \left\{ n a \alpha^{2i-1} \left[\frac{1}{2i+n-1} - \frac{\alpha^2}{2i+n+1} \right] \right.$$
$$+ (b-a)\beta \left[\sum_{j=1}^{j=2i-1} (-1)^{j-1} \frac{(2i+1)\ldots(2i-j+2)-(2i-1)\ldots(2i-j)}{j!\,(2j+1)} \beta^{j-1} \right.$$
$$\left. \left. - \frac{2i+1}{4i+1}\beta^{2i-1} + \frac{1}{4i+3}\beta^{2i} \right] \right\} \lambda^{2i},$$

$$\frac{\delta_2}{\Delta} = \frac{\delta'_2}{\Delta} - \sum_{i=1}^{i=\infty} \left\{ n a \alpha^{2i-1} \left[\frac{1}{2i+n-1} - \frac{\alpha}{2i+n} - \frac{\alpha^2}{2i+n+1} + \frac{\alpha^3}{2i+n+2} \right] \right.$$
$$+ (b-a)\beta^2 \left[\sum_{j=1}^{j=2i-1} (-1)^{j-1} \frac{(2i+1)\ldots(2i-j+2)-(2i-1)\ldots(2i-j)}{j!\,(2j+3)} \beta^{j-1} \right.$$
$$\left. \left. - \frac{2i+1}{4i+3}\beta^{2i-1} + \frac{1}{4i+5}\beta^{2i} \right] \right\} \lambda^{2i}.$$

($\alpha = A a^{1/n}$; $\beta = 1 - \alpha$; δ'_1 et δ'_2 : épaisseurs de déplacement et de quantité de mouvement qui correspondent à un fluide incompressible). Si l'on fait le calcul numérique et si l'on élimine λ au profit de M, on trouve que la relation parabolique entre $H - H'$ et M reste valable jusqu'à $M = 4$ au moins :

$$H - H' = 0{,}456\ M^2, \tag{2}$$

l'erreur sur H est inférieure à 0,001 pour $M = 1$; elle vaut 0,1 pour $M = 4$.

Pour M grand, les séries convergent trop lentement, nous avons intégré graphiquement.

Il se trouve que la différence $H - H'$ donnée par Cope pour $n = 7$ est bien représentée elle aussi par (2) ; $H - H'$ paraît donc assez peu sensible à la forme du profil.

Nous avons fait de nouvelles expériences à des gradients de pression plus importants : M variait linéairement en fonction de l'abscisse x sur la plaque ; le nombre de Mach d'approche M_0 était égal à 0,6 ; le nombre de Reynolds variait de 400 000 à 2 000 000 : à la distance $x = 100$ mm du bord d'attaque, le gradient réduit de M le long de la plaque, $k = (x/M_0)(dM/dx)$, avait successivement les valeurs 0, 1/12 et 1/6. Même pour $k = 1/6$, l'expérience vérifie encore bien la relation (2).

ASTROPHYSIQUE. — *Structure d'une atmosphère stellaire non grise en équilibre radiatif.* Note de M. **Roger Cayrel**, transmise par M. André Danjon.

Il est montré que des approximations physiques légitimes permettent de réduire un cas non gris de grande importance pratique à deux problèmes gris successifs et un problème de structure intermédiaire facile à résoudre.

Les résultats obtenus dans la présente Note concernent le cas où le coefficient d'absorption de la matière stellaire est très grand dans certains intervalles de longueur d'onde par rapport à sa valeur dans les intervalles complémentaires. Ce cas se trouve pratiquement réalisé par la grande opacité dans les raies et dans le continu Lyman pour les étoiles O et B. On peut alors distinguer trois zones dans l'atmosphère, dans chacune desquelles le problème de l'équilibre radiatif se ramène au cas gris ou est soluble simplement. Les trois solutions obtenues se raccordent analytiquement et la solution complète en résulte.

En affectant de l'indice 1 les grandeurs relatives au domaine spectral transparent, de l'indice 2 celles relatives au domaine spectral opaque et en usant de notations classiques [1] on trouve pour expression de la fonction source :

$$(1) \qquad S = \frac{3}{4}\frac{F}{a_1}\left\{t_1 + q(t_1) - \frac{1}{\sqrt{3}}\left(1 - q(\infty).\lambda\right)e^{-\lambda(t_2+q(t_2)-q(\infty))}\right\}$$

avec

$$\lambda = \sqrt{\frac{3a_1}{\alpha a_2}} \qquad \text{et} \qquad t_2 = \alpha t_1.$$

L'expression (1) est obtenue en supposant α et a_2/a_1 indépendants de la profondeur mais les conclusions suivantes restent valables en dehors de cette dernière restriction. Nous donnons les valeurs numériques correspondant au choix : $a_1 = 0{,}80$; $a_2 = 0{,}20$; $\alpha = 100$.

Zone principale ou corps de l'atmosphère : $t_1 \gg (1/\alpha\lambda)$ soit $t_1 \gg 0{,}03$. — Le flux F_2 dans le domaine spectral opaque est négligeable, le problème se ramène à un problème gris d'équilibre radiatif dans le domaine spectral transparent et l'on a

$$(2) \qquad a_1 S = \frac{3}{4}F\left(t_1 + q(t_1)\right).$$

Zone de transition : $1 \ll t_1 \ll 1/\alpha$ soit $1 \ll t_1 \ll 0{,}01$ ou $t_1 \simeq 0{,}03$. — Dans cette zone, le flux F_2 croît progressivement d'une valeur très petite à une valeur limite Φ_2. Dans le cas où α et a_2/a_1 sont indépendants de la profondeur, on a

$$(3) \qquad S = \frac{\sqrt{3}F}{4a_1} - [1 - \lambda q(\infty)]e^{-\lambda t_2}$$

et

$$(4) \qquad \Phi_2 = \frac{F}{\sqrt{3}}\frac{a_2}{a_1}\lambda.$$

Dans le cas général, on obtient la solution en résolvant l'équation différentielle du second ordre :

$$(5) \qquad \frac{4}{3}\frac{d^2(a_2 S)}{dt_2^2} - 4a_1 S\frac{k_1}{k_2} = 0,$$

(1) HOPF, *M. N.*, 96, 1936, p. 522 et CHANDRASEKHAR, *M. N.*, 96, 1935, p. 21.

avec les conditions aux limites :

$$S \to \frac{\sqrt{3}\,F}{4a_1} \quad \text{pour} \quad t_2 \to \infty \qquad \text{et} \qquad a_2 S(o) = q(\infty)\frac{d(a_2 S)}{dt_2}(o).$$

Le flux Φ_2 est donné par

$$\Phi_2 = \frac{4}{3}\frac{d(a_2 S)}{dt_2}(o).$$

Zone superficielle : $t_1 \leqslant 1/\alpha\lambda$ soit $t_1 \leqslant 0{,}03$; t_2 de l'ordre de l'unité ou plus petit. — Il y a équilibre radiatif dans chacun des domaine spectraux. Le modèle est déterminé par la condition qu'il y ait équilibre radiatif dans celui où la profondeur optique n'est pas négligeable et l'on a (cas gris dans le domaine 2) :

$$(6) \qquad a_2 S = \frac{3}{4}\Phi_2\big(t_2 + q(t_2)\big).$$

La solution (1) se réduit successivement à (2), (3) et (6) dans chacune des zones indiquées. Le rapport température de surface sur température effective est égal à ([2]) $\left[(\sqrt{3}/4)\left(1/\sqrt{a_1 a_2 \alpha}\right)\right]^{1/4}$ soit 0,57 pour une étoile où 20 % du continu est affecté par une forte absorption, au lieu de 0,81 pour le cas gris.

([2]) En accord avec le résultat de Hopf.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la raie* 3 533 Å *de la Couronne solaire.* Note de M. **Guglielmo Righini**, transmise par M. André Danjon.

Dans une courte Note ([1]), Lyot et Dollfus annoncent que dans les spectres de la couronne pris à Khartoum (Soudan) pendant l'éclipse totale du 25 février 1952, ils ont remarqué quatre nouvelles raies de la couronne. Une de celles-ci a une longueur d'onde de 3 534 Å.

Une raie dont la longueur d'onde était très rapprochée de celle dont nous venons de parler, avait été remarquée par moi ([2]) sur les spectres de la couronne pris par G. Abetti à Sara (U. R. S. S.) pendant l'éclipse du 19 juin 1936.

Tenant compte du fait que les longueurs d'onde des raies dans la Note de Lyot et Dollfus sont données à l'approximation d'environ 1 Å, nous pouvons en conclure que la raie remarquée par moi et celle remarquée par les auteurs mentionnés coïncident.

Du reste il m'apparaît que la même raie a été observée par Lewis ([3]) à l'éclipse du 3 janvier 1908, mais après cette date je n'ai pas eu connaissance d'autres observations jusqu'à celle que j'ai faite moi-même en 1936.

([1]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 854.
([2]) *Atti della Reale Acc. d'Italia*, XIV, 1943, p. 119.
([3]) *Lick Obs. Bull.*, V, 1908-1910, p. 10.

Dans les spectres pris par l'expédition italienne à Khartoum en 1952, cette raie n'apparaît pas car elle est visible, probablement, seulement sous certains angles de position.

Mes résultats ont été publiés pendant la guerre (1943) dans un journal peu répandu; cela, je pense, explique pourquoi Lyot et Dollfus n'avaient pas eu connaissance de mon travail.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Théorie covariante relativiste de la solution de l'équation de Gordon.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Expression systématique et extension de nos précédents résultats (¹).

$\psi_p(x)$, $\psi_q(x)$, ... ou $\zeta_p(k)$, $\zeta_q(k)$, ... désignant des solutions de l'équation de Gordon

(1) $$(\partial^\lambda_\lambda - k_0^2)\,\psi(x) = 0, \qquad (k_\lambda k^\lambda + k_0^2)\,\zeta(k) = 0,$$

$i\,\partial u_\lambda$ et $i\,\partial v_\lambda$ les éléments trilinéaires sur une hypersurface quelconque du genre espace $\mathcal{E}$, et sur l'hyperboloïde à deux nappes

(2) $$\mathcal{K}(k) \equiv k_\lambda k^\lambda + k_0^2 = 0,$$

nous posons ($k_0 > 0$, $\partial v > 0$)

(3) $$k_\lambda \partial v = -k_0 \partial v_\lambda, \qquad [\partial^\lambda] = \underset{\rightarrow}{\partial^\lambda} - \underset{\leftarrow}{\partial^\lambda}, \qquad \varepsilon(k) = \frac{-ik_4}{|-ik_4|},$$

ainsi que les définitions ($\bar{\psi} = \psi^+\beta$; $\bar{\psi} = \psi^*$ si ψ est scalaire)

(4) $$\langle \psi_p | \psi_q \rangle = \langle \psi_q | \psi_p \rangle^* = -\frac{i}{2k_0} \iiint_{\mathcal{E}} \bar{\psi}_p [\partial^\lambda] \psi_q \,\partial u_\lambda,$$

(5) $$\langle \zeta_p | \zeta_q \rangle = \langle \zeta_q | \zeta_p \rangle^* = \iiint_{\mathcal{K}} \bar{\zeta}_p \zeta_q \,\varepsilon(k)\,\partial v,$$

la première indépendante de $\mathcal{E}$ en vertu de l'équation de continuité du courant de Gordon.

Nous avons montré (¹) d'après Marcel Riesz (²) que l'on a les intégrales de Fourier covariantes réciproques

(6) $$\psi(x) = \langle e(-kx) | \zeta(k) \rangle_{\mathcal{K}}, \qquad \zeta(k) = \langle e(kx) | \psi(x) \rangle_{\mathcal{E}},$$

avec, $e(kx)$ étant solution de l'équation de Gordon sous ses deux formes,

(7) $$e(kx) = e^*(-kx) = \begin{cases} (2\pi)^{-\frac{3}{2}} e^{ik^\lambda x_\lambda} & \text{si} \quad k_\lambda k^\lambda + k_0^2 = 0, \\ 0 & \text{si} \quad k_\lambda k^\lambda + k_0^2 \neq 0. \end{cases}$$

(¹) *Particules fondamentales et noyaux* (*Colloques internationaux du C. N. R. S.*) Paris, 1953, p. 207-216; *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1495; *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, (sous presse).

(²) *Actes du 10ᵉ Congrès des mathématiciens Scandinaves*, Copenhague, 1946, p. 123-131.

L'égalité de Parseval associée est

$$\langle \psi_p \mid \psi_q \rangle_{\mathcal{E}} = \langle \zeta_p \mid \zeta_q \rangle_{\mathcal{K}}, \tag{8}$$

et, comme d'habitude, on en déduit les définitions de l'orthogonalité et de la norme des solutions ψ ou ζ de l'équation de Gordon. Les ondes planes monochromatiques forment un système orthogonal complet à la fois au nouveau sens et au sens classique

$$\iiint \bar{\psi}_p a_4 \psi_q \, d\vec{r}^3 = 0; \tag{9}$$

il suffit, pour le voir, d'appliquer la conséquence des équations de la particule à spin

$$(k'_\lambda - k_\lambda)\bar{\zeta}(k')a^\lambda \zeta(k) = 0 \tag{10}$$

à deux $k'_\lambda = (\vec{k}, +k_4)$ et $k_\lambda = (\vec{k}, -k_4)$.

La norme, ou nombre d'occupation, d'un ψ scalaire superposition d'ondes planes à énergie d'un signe donné a le même signe que les énergies. Celle du ψ de Dirac est, comme on le sait, définie positive. Dans le cas général nous postulons essentiellement le caractère diagonal de la matrice β, afin que la norme, non définie positive, soit pourtant une somme algébrique d'expressions définies positives.

La fonction intégrale de distribution et la fonction caractéristique de l'impulsion-énergie dans une onde ψ sont respectivement

$$n = \langle \zeta \mid \zeta \rangle_{\mathcal{K}}, \qquad \langle \psi(x) \mid \psi(x+y) \rangle_{\mathcal{E}}. \tag{11}$$

Introduisons la fonction singulière de Stueckelberg (³) et de Schwinger (⁴), solution de (1_1), imaginaire pure, impaire, nulle dans l'*ailleurs*,

$$D(x-x') = \langle e(-k(x-x')) \mid 1 \rangle_{\mathcal{K}} = (2\pi)^{\frac{3}{2}} \langle e(-kx) \mid e(-kx') \rangle_{\mathcal{K}}, \tag{12}$$

dont, x' étant fixe, la transformée de Fourier selon (6_1) est $e(-kx')$; on en conclut, d'après (8) et (12), (⁵),

$$\langle D(x-x') \mid D(x-x'') \rangle_{\mathcal{E}} = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} D(x'-x''), \tag{13}$$

en sorte que deux fonctions de x, $D(x-x')$ et $D(x-x'')$, sont orthogonales dès que $x'-x'' \neq 0$ est du genre espace.

Substituant (6_2) dans (6_1), l'on résout le problème de Cauchy sous la forme (⁵) équivalente à celle de Schwinger (⁴).

$$\psi(x) = \langle D(x-x') \mid \psi(x') \rangle_{\mathcal{E}'}, \tag{14}$$

(³) *Arch. Sc. Phys. Nat.*, Genève, 56, 1939, nº 1.

(⁴) *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1451 et 75, 1949, p. 678.

(⁵) Remarquons qu'en vertu de la définition (4) le produit scalaire hermitien de deux fonctions de x réelles est imaginaire pur.

qui est le développement du ψ sur un système orthogonal complet de fonctions $D(x-x')$, x étant la variable et x' l'indice de numération. Les « coefficients » $\psi(x')$ sont donnés par une formule similaire, avec une $\mathcal{E}$ passant par x ; la fonction de distribution correspondante est le flux du courant de Gordon. Les ondes $D(x-x')$ sont complémentaires au sens de Bohr des ondes planes monochromatiques ; elles correspondent à une localisation du corpuscule traversant $\mathcal{E}'$, et à une indétermination complète de son impulsion-énergie sur $\mathcal{H}$. Portant (14) dans (6_1) avec une $\mathcal{E}$ passant par x, il vient

$$\langle D(x-x') \mid \psi(x') \rangle_{\mathcal{E}} = \langle e(-kx) \mid \zeta(k) \rangle_{\mathcal{H}}. \tag{15}$$

Définissons la fonction de deux variables, imaginaire pure et impaire,

$$D(k, k') = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} \langle e(kx) \mid e(k'x) \rangle_{\mathcal{E}}; \tag{16}$$

substituant (6_1) dans (6_2), puis à nouveau dans (6_2), il vient

$$\zeta(k) = \langle D(k, k') \mid \zeta(k') \rangle_{\mathcal{H}}, \tag{17}$$

$$\langle D(k, k') \mid \zeta(k') \rangle_{\mathcal{H}} = \langle e(kx) \mid \psi(x) \rangle_{\mathcal{E}}. \tag{18}$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les λ-transformations de la théorie unitaire d'Einstein-Schrödinger.* Note de Mme **JUDITH WINOGRADZKI**, présentée par M. Louis de Broglie.

A partir d'un postulat suggéré par des considérations simples, on détermine l'extension du groupe relativiste.

M. Einstein a montré que les équations du champ sont pratiquement déterminées, si l'on inclut dans le groupe relativiste les λ-transformations (1). Dans cette Note, on détermine l'extension du groupe relativiste à partir d'un postulat suggéré par des considérations simples. Le même postulat conduit aux équations du champ.

Conformément aux principes généraux de la théorie d'Einstein-Schrödinger, admettons que l'espace-temps est affine et métrique, la métrique étant donnée par un tenseur du second rang, et que les équations du champ dérivent d'un principe variationnel, les grandeurs à faire varier étant la connexion affine et le tenseur métrique (2). Prenons pour hamiltonien une quelconque des densités de courbure $\mathfrak{g}^{ik}R_{ik}$, $\mathfrak{g}^{ik}R_{ki}$, $\mathfrak{g}^{ik}\tilde{R}_{ik}$, $\mathfrak{g}^{ik}\tilde{R}_{ki}$. Tandis que la variation effectuée sous la condition *a priori* $\Gamma^i_{km} = \Gamma^i_{mk}$, $g_{ik} = g_{ki}$ donne des équations bien déterminées,

(1) A. EINSTEIN, *Extension du groupe relativiste*. Dans *Louis de Broglie, Physicien et Penseur;* Albin Michel, Paris, 1953.

(2) A. EINSTEIN, *Generalization of Gravitation Theory*. Appendix II of *The Meaning of Relativity*, Princeton, 1953. Nous utilisons les notations de ce Mémoire; E. SCHRÖDINGER, *Proc. R. Irish Acad.*, 51, 1948, p. 205.

les équations du champ gravifique pur, les équations obtenues par variation libre dépendent du choix de l'hamiltonien. Cherchons à lever cette ambiguïté en nous basant sur l'idée einsteinienne d'une extension du groupe relativiste, mais sans imposer *a priori* la nature précise de cette extension. Admettons toutefois que les transformations qui la constituent (« transformations de jauge ») laissent le champ invariant et en sont indépendantes. Puisque dans la théorie classique du champ gravifique le tenseur métrique constitue le champ, il doit, en gravifique généralisée, sinon constituer le champ, du moins en faire partie. Les transformations de jauge forment donc un sous-groupe du groupe J tel que $J(g_{ik}) = g_{ik}$, $J(\Gamma^i_{km}) = \Gamma^i_{km} + \Lambda^i_{km}$, Λ^i_{km} étant indépendant du tenseur métrique. Λ^i_{km} est un tenseur. Nous admettrons que Λ^i_{km} ne dépend pas, de par sa structure, de la connexion affine, excluant ainsi des J-transformations et, par conséquent, des transformations de jauge, la transposition de la connexion affine.

Les divers systèmes d'équations du champ, obtenues par variation libre, satisfont déjà à un principe de Relativité plus sévère que le principe de Relativité générale. On évite une limitation arbitraire en substituant à la variation libre le mode de variation qui suit. Les variations seront effectuées sans conditions *a priori*, à moins qu'une variation liée de la connexion affine ou du tenseur métrique ne donne des équations du champ satisfaisant à un principe de Relativité plus sévère que les équations obtenues par variation libre. Dans ce cas, on imposera à la grandeur correspondante, connexion affine ou tenseur métrique, des conditions, du premier ordre au plus, fournissant des équations du champ invariantes par rapport au sous-groupe le plus vaste du groupe J.

Faisons varier la connexion affine sous une condition *a priori* $\mathfrak{F}^{\alpha}_{\beta\ldots}{}^{\ldots} = 0$, le tenseur métrique sous une condition *a priori* $\mathfrak{f}^{\alpha}_{\beta\ldots}{}^{\ldots} = 0$. Les variations liées contiennent les variations libres comme cas particuliers. Il est immédiat que l'équation

$$(1)\qquad A^{km}_{i\alpha\beta}\,\mathfrak{g}^{\alpha\beta} + \frac{\partial}{\partial \Gamma^i_{km}}\left[\sigma'^{\beta\ldots}_{\alpha\ldots}\, J(\mathfrak{F}^{\alpha}_{\beta\ldots}{}^{\ldots}) - \sigma^{\beta\ldots}_{\alpha\ldots}\,\mathfrak{F}^{\alpha}_{\beta\ldots}{}^{\ldots}\right] = 0$$

constitue une condition nécessaire et suffisante pour que les équations du champ, obtenues en faisant varier la connexion affine, soient invariantes par rapport à une J-transformation ; de même, l'équation

$$(2)\qquad A^{\beta\gamma}_{\alpha ik}\,\Gamma^{\alpha}_{\beta\gamma} + B_{ik} + \frac{\partial}{\partial \mathfrak{g}^{ik}}\left[(\sigma'^{\beta\ldots}_{\alpha\ldots} - \sigma^{\beta\ldots}_{\alpha\ldots})\,\mathfrak{f}^{\alpha}_{\beta\ldots}{}^{\ldots}\right] = 0,$$

pour celles obtenues en faisant varier le tenseur métrique. ∂ désigne la dérivation hamiltonienne. A^{ik}_{mpl} est une fonction de Λ^i_{km}, B_{ik} une fonction de Λ^i_{km} et de ses dérivées premières. L'expression de ces fonctions dépend de l'hamiltonien considéré. $\sigma^{\beta\ldots}_{\alpha\ldots}$ et $\sigma'^{\beta\ldots}_{\alpha\ldots}$ sont les multiplicateurs de Lagrange qui figurent, le premier dans les équations du champ sous leur forme initiale, le second dans les équations que l'on en déduit par la J-transformation. Comme Λ^i_{km} ne dépend

ni de la connexion affine, ni du tenseur métrique, une condition nécessaire pour que soient satisfaites tant l'équation (1) que l'équation (2) est $A^{ik}_{mpl} = 0$. Une condition nécessaire pour que cette dernière équation soit satisfaite, obtenue en contractant deux indices convenablement choisis, s'écrit $\Lambda^{i}_{km} = \delta^{i}_{k}\lambda_m$ si l'hamiltonien contient R_{ik} et $\Lambda^{i}_{km} = \lambda_k\delta^{i}_{m}$ si l'hamiltonien contient $\tilde{R}_{ik}$, λ_i étant un vecteur quelconque. Ainsi, quel que soit le mode de variation, les équations du champ obtenues en faisant varier la connexion affine et, de même, celles obtenues en faisant varier le tenseur métrique, ne peuvent être invariantes que par rapport à des J-transformations qui sont des λ-transformations ou des transformations qui s'en déduisent par transposition de la connexion affine (« $\tilde{\lambda}$-transformation »). Remarquons qu'il en résulte que ni la torsion, ni même le vecteur de torsion ne font partie du champ.

On sait qu'il existe un mode de variation qui donne des équations du champ invariantes par rapport à toutes les λ-transformations si l'hamiltonien est $\mathfrak{g}^{ik}R_{ik}$ (1), et par conséquent par rapport à toutes les λ-transformations où toutes les $\tilde{\lambda}$-transformations dans les autres cas, les hamiltoniens se déduisant les uns des autres par des transpositions. Les λ-transformations ou $\tilde{\lambda}$-transformations constituent donc les transformations de jauge. Les équations (1) et (2) permettent de retrouver ce résultat. Compte tenu du postulat initial, elles conduisent de plus au mode de variation de M. Einstein. En se servant de l'invariance de jauge, on montre aisément que, quelle que soit la densité de courbure choisie pour hamiltonien, ce mode de variation donne les mêmes équations du champ, identiques aux équations auxquelles satisfait le tenseur métrique en vertu des équations du champ obtenues par variation libre.

Les démonstrations paraîtront ailleurs.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur une propriété des intégrales d'un système d'équations différentielles de la thermodynamique des processus irréversibles.* Note (*) de MM. **Kyrille Popoff**, **Emmanuel Dimitroff** et **Kyrille Dotcheff**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans ses publications sur la thermodynamique des processus irréversibles [1] M. Popoff introduit un système d'équations différentielles de la forme $d^2x_i/dt^2 = X_i$, $(i = 1, 2, \ldots n)$ avec $X_i = \partial F/\partial x_i$, où F est une forme quadratique définie positive, $F = 1/2\sum_{i,k} g_{ik}x_ix_k$, $g_{ik} = g_{ki}$, et montre que les inté-

(*) Séance du 15 novembre 1954.

(1) Kyrille Popoff, *J. Math. Phys. appl.* (Z. A. P. M.), 3, 1952, p. 42-51 et 440-448; 5, 1954, p. 67-83; Kyrille Popoff, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 648; 236, 1953, p. 785 et 1640; 237, 1953, p. 698; 238, 1954, p. 231; Kyrille Popoff, *Ann. Phys.*, 9, 1954, p. 261-268.

grales $x_i(t)$, s'annulant pour $t \to +\infty$ et prenant pour $t=0$ les valeurs initiales x_i^0, satisfont à une relation de la forme $dx_i/dt = L_{i1}X_1 + L_{i2}X_2 + \ldots + L_{in}X_n$.

Par une méthode générale d'itération ainsi que par une méthode algébrique il montre que dans le cas de $n=2$ on a $L_{12}=L_{21}$. Dans le cas de n quelconque, soient $x_1 = \alpha e^{rt}$, $x_2 = \beta e^{rt}$, $\ldots$, $x_n = \nu e^{rt}$ un système d'intégrales de première équation où r est une racine quelconque de l'équation séculaire

$$(1) \qquad \begin{vmatrix} g_{11}-r^2 & g_{12} & \ldots & g_{1n} \\ g_{21} & g_{22}-r^2 & \ldots & g_{2n} \\ \ldots & \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ g_{n1} & g_{n2} & \ldots & g_{nn}-r^2 \end{vmatrix} = 0.$$

L'élimination des αe^{rt}, βe^{rt}, $\ldots$, νe^{rt}, par exemple, de $x'_1 = r\alpha e^{rt}$, $x'_2 = r\beta e^{rt}$ et des expressions de X_1, X_2, $\ldots$, X_n, formées avec les intégrales ci-dessus, conduit directement aux relations

$$x'_1 = L_{11}X_1 + L_{12}X_2 + \ldots L_{1n}X_n, \qquad x'_2 = L_{21}X_1 + L_{22}X_2 + \ldots + L_{2n}X_n,$$

où, grâce aux relations $g_{ik}=g_{ki}$, on a $L_{12}=L_{21}$. Ici les L_{ik} et les X_i dépendent du r choisi.

Remarquons, en passant, que F étant une forme quadratique positivement définie et $g_{ik}=g_{ki}$, les racines r^2 de (1) sont toutes positives et que par conséquent l'équation (1) a n racines r positives et n racines négatives. Les x_i devant s'annuler pour $t \to +\infty$ l'intégrale générale de la première équation doit être formée avec les racines négatives r_1, r_2, $\ldots$, r_n. Dans le cas où les racines sont simples on a

$$(2) \quad x_1 = C_1\alpha e^{r_1t} + C_2\alpha_2 e^{r_2t} + \ldots + C_n\alpha_n e^{r_nt}, \quad \ldots, \quad x_n = C_1\nu_1 e^{r_1t} + C_2\nu_2 e^{r_2t} + \ldots + C_n\nu_n e^{r_nt},$$

et les relations (2) correspondantes.

Il reste à montrer par une méthode algébrique que dans les relations phénoménologiques, *formées par les intégrales* (2), on a $L_{ik}=L_{ki}$. M. Chr. Karanikoloff a donné une telle démonstration dans les cas de $n=3$ et $n=4$.

La démonstration suivante, par le calcul matriciel, est due à MM. K. Dotcheff et E. Dimitroff. Dans le cas où les racines r_1, r_2, $\ldots$, r_n sont simples, soit

$$\mathcal{G} = \begin{Vmatrix} g_{11} & \ldots & g_{1n} \\ . & \ldots & . \\ g_{n1} & \ldots & g_{nn} \end{Vmatrix} \quad (\text{dét.}\, g \neq 0), \qquad \text{avec} \quad g_{ik}=g_{ki} \qquad \text{et} \qquad L = \begin{Vmatrix} L_{11} & L_{12} & \ldots & L_{1n} \\ . & . & \ldots & . \\ L_{n1} & L_{n2} & \ldots & L_{nn} \end{Vmatrix}.$$

Écrivons le premier système sous la forme

$$\frac{d^2x}{dt^2} = X, \qquad X = Gx, \qquad x = \begin{Vmatrix} x_1 \\ x_2 \\ . \\ x_n \end{Vmatrix}, \qquad X = \begin{Vmatrix} X_1 \\ X_2 \\ . \\ X_n \end{Vmatrix}.$$

Les secondes relations sont de la forme $dx/dt = LX$.

En différentiant on obtient, en posant

$$(2') \qquad E = \begin{Vmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ . & . & . & \dots & . & . \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{Vmatrix},$$

$$EX = X = \frac{d^2x}{dt^2} = L\frac{dX}{dt} = LG\frac{dx}{dt} = LGLX,$$

et par conséquent $LGLX - EX = (LGL - E)X = 0$, et les X_i étant linéairement indépendants comme les x_i, on a $LGL - E = 0$,

$$L^2 = G^{-1}, \qquad M^2 = G \qquad \text{avec} \quad M = L^{-1}.$$

On sait que, dans le cas où les nombres caractéristiques d'une matrice A sont simples, chaque solution de l'équation $Y^2 = A$ peut être représentée comme polynome de A. Par conséquent la matrice M peut être représentée comme un polynome de $\mathcal{G}$ et, comme polynome d'une matrice symétrique, elle est elle-même symétrique. D'autre part L, comme inverse $L = M^{-1}$ de la matrice symétrique M, est elle aussi une matrice symétrique. Par conséquent la matrice

$$\begin{Vmatrix} L_{11} & L_{12} & \dots & L_{1n} \\ L_{21} & L_{22} & \dots & L_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ L_{n1} & L_{n2} & \dots & L_{nn} \end{Vmatrix}$$

est symétrique. C. Q. F. D.

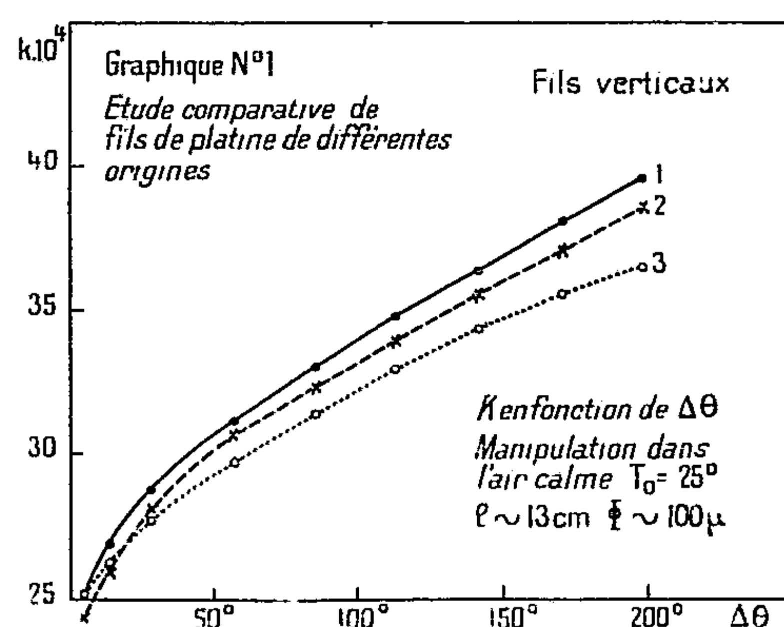
THERMOCINÉTIQUE. — *Sur la convection par les fils fins et la nature de l'interface métal-gaz.* Note de MM. **Israël Epelboin** et **André Vapaille**, présentée par M. Eugène Darmois.

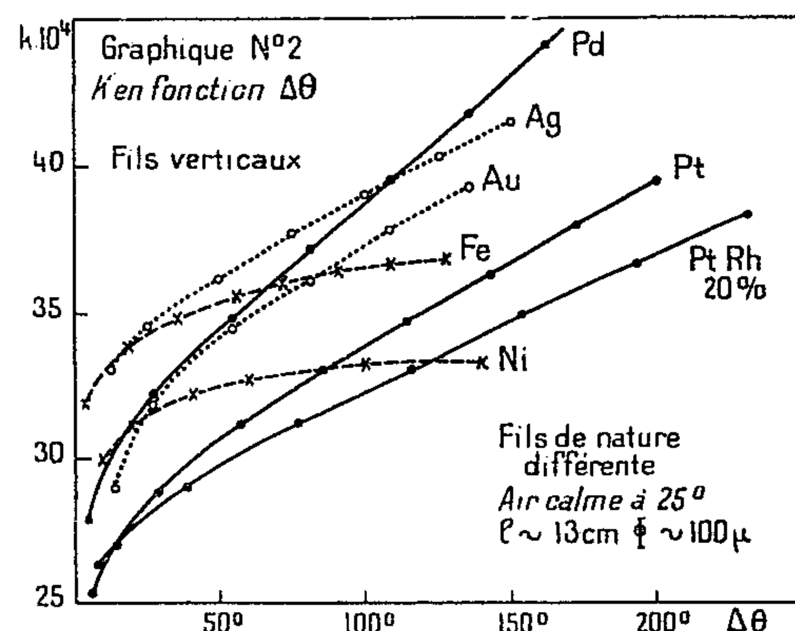
On montre que pour les faibles dissipations de chaleur, la nature du métal et du gaz environnant influence considérablement la convection naturelle par les fils fins. Ce phénomène laisse supposer l'établissement d'un fort gradient de température à l'interface métal-gaz.

Soit K le coefficient d'échange superficiel d'un fil de diamètre Φ et de longueur l, placé dans une enceinte remplie d'un gaz calme à la température T_0 et parcouru par un courant électrique I. Si T_1 est la température du fil et P la puissance dissipée par suite de l'échauffement $\Delta\theta = T_1 - T_0$, on a par définition $K = P/\pi\Phi l\Delta\theta$. Ce coefficient peut être calculé à partir de l'effet Joule; soient R_0 et R_1 les valeurs de la résistance du fil aux températures T_0 et T_1, $\alpha = (R_1 - R_0)/R_0\Delta\theta$ le coefficient de température, on a

$$K = \frac{R_1 I^2 \alpha R_0}{4.18\pi\Phi l(R_1 - R_0)}$$

Contrairement aux indications de la littérature, le coefficient K dépend beaucoup de la nature du métal (voir *fig.* 1 et 2). On peut remarquer des ressemblances entre les courbes relatives aux métaux de structure électronique voisine tels Ni et Fe, Ag et Au, Pt et Pd et, dans un groupe, le métal de nombre atomique inférieur à l'autre présente le coefficient d'échange le plus élevé. Cette influence de la nature du métal ne peut être attribuée au rayonnement, négligeable dans nos expériences ($< 0{,}014$ K pour $\Delta\theta < 250°$). Par contre, l'influence de la conduction (effet des bouts) n'est pas négligeable et, pour l'éliminer, nous utilisons des fils de différentes longueurs et déterminons le coefficient de convection naturelle K_n en extrapolant K pour $l \to \infty$. Cette méthode est justifiée puisque l'on trouve que K varie linéairement en fonction de $1/l$, ce qui est conforme à la théorie élémentaire de l'effet des bouts; cependant, la pente de la droite figurative est deux à quatre fois supérieure à celle de la fonction $K = K_n + \sqrt{\lambda\Phi K_n/(1+\alpha\Delta\theta)}/l$ (λ, conductibilité calorifique du métal) qui se détermine par la théorie.





Dans un certain domaine d'échauffement, on peut en général trouver quel que soit le sens de variation des courants une relation de la forme $K_n = K_0\Delta\theta^n$. Avec des fils verticaux de faible diamètre ($20 \leq \Phi \leq 130\,\mu$) nous avons trouvé $K_0 = a\Phi^{-m}$ où a et m sont des caractéristiques de la convection naturelle qui dépendent de la nature du métal. Ainsi, dans l'air à $T_0 = 25°C$, pour Ag, Ni et Pt, $a.10^2$ prend respectivement pour valeurs 21,4, 10,8 et 6,2 tandis que $(-m)$ est égal à 1,00, 0,80 et 0,84. La valeur de K_0 dépend de la température T_0 de l'enceinte; ainsi, pour $0° \leq T_0 \leq 50°$, on trouve une relation linéaire entre K_0 et T_0 et la pente de la droite représentative prend les valeurs respectives de 0,052 pour l'argent, 0,053 pour le nickel et 0,078 pour le platine. Par contre, l'exposant n de la loi $K_n = K_0\Delta\theta^n$ ne dépend ni de la température de l'enceinte T_0, ni des dimensions des fils (Φ et l), mais de la nature du métal. A titre d'exemple, nous avons groupé les valeurs de n obtenues dans l'air avec des fils de divers métaux; pour montrer que n dépend de la pureté du

métal et de son état de surface, nous avons indiqué par Ni* le fil de nickel corrodé dans une atmosphère de chlore et par Pt* une qualité de platine qui présente à l'examen spectroscopique un taux d'impuretés supérieur à celui de la qualité indiquée Pt.

	$n.10^3$.	$\Delta\theta$(°C).		$n.10^3$.	$\Delta\theta$(°C).
Ni	67	10 à 80	Au	122	15 à 120
Ni*	42	10 à 80	Pt	212	50 à 250
Fe	47	10 à 130	Pt*	177	50 à 250
W	83	15 à 110	Pt—Rh 20 %	214	70 à 270
Ag	87	15 à 100	Pd	270	60 à 220

L'ensemble de ces résultats peut s'expliquer en supposant qu'un fort gradient de température s'établit à l'interface gaz-fil métallique fin par suite de la convexité de ce dernier. En effet, en opérant dans des conditions expérimentales similaires, mais sur des rubans très larges, nous avons retrouvé $n = 0{,}25$ conformément à la théorie de L. Lorenz.

A cause de ce gradient de température à l'interface convexe gaz-métal, les coefficients de convection par les fils fins dépendent des propriétés physico-chimiques du gaz de l'enceinte. Ainsi, avec des fils de platine placés dans N_2, O_2 et CO_2 de pureté industrielle, on a respectivement trouvé pour $K_0 . 10^2 = 0{,}145$, $0{,}140$ et $0{,}057$ et $n = 0{,}184$, $0{,}198$ et $0{,}326$. Avec des fils de nickel dans les mêmes gaz, on trouve $K_0 . 10^2 = 0{,}451$, $0{,}461$ et $0{,}305$ et $n = 0{,}060$, $0{,}060$ et $0{,}076$.

Il est intéressant d'étudier la convection dans l'hydrogène. Il s'est avéré qu'avec le palladium qui en retient des quantités considérables, la définition classique du coefficient d'échange devient inutilisable, la résistance du fil en fonction du courant présentant un cycle d'hystérésis. Cependant, le calcul de l'exposant n est encore possible pour des métaux qui retiennent moins d'hydrogène car la caractéristique $K = K_0 \Delta\theta^n$ reste encore indépendante du sens de variation du courant. Pour le platine et l'argent, n garde encore une valeur positive, mais il est négatif pour le fer et change plusieurs fois de signe pour le nickel. L'état de surface du fil et le degré de pureté de l'hydrogène influencent considérablement les résultats.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la répartition du courant le long d'un radiateur cylindrique.* Note de M. **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

J'ai repris l'étude qui a fait l'objet d'une Note antérieure [1] en corrigeant une erreur, les systèmes infinis représentés par les deux dernières équations n'étant pas convergents [2]. Afin d'obtenir des intégrales convergentes,

[1] *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 513.

[2] Je dois cette remarque à M. Maurice Roseau.

j'écris la condition suivante valable le long de la paroi :

$$(1)\qquad \int_0^z \mathrm{E}_z(h)\,dh = 0$$

et je trouve la relation

$$(2)\qquad \frac{\omega}{c^2}\int_0^z \mathrm{E}_z(h)\,dh = -i\,e^{i\omega t}\sum_{n=-\infty}^{+\infty} \mathrm{D}_{2n-1}\int_{(\mathrm{C}_1)} \frac{\sin[u-(2n-1)p]\frac{l}{2}}{u-(2n-1)p} \times \frac{1-e^{iuz}}{u}\alpha^2 \mathrm{J}_0(a\alpha)\mathrm{H}_0^{(2)}(a\alpha)\,du,$$

le contour (C_1) étant celui de ma Note (¹), le courant le long de l'antenne étant mis sous la forme

$$(3)\qquad \mathrm{I}(z,t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \mathrm{D}_{2n-1}\, e^{i(\omega-i\beta)t+i(2n-1)pz}\,\frac{1}{\pi}\int_{(\mathrm{C})} \frac{e^{iu\frac{l}{2}}}{u}\sin\frac{ul}{2}\,du,$$

avec

$$(4)\qquad \mathrm{D}_{2n-1} = \mathrm{D}_{-(2n-1)}.$$

La quantité β est réelle, positive, et tend vers zéro. L'observation de cette dernière condition me permet de préciser la détermination de α et $\mathrm{H}_0^{(2)}(a\alpha)$ dans (2).

Je trouve ainsi

$$(5)\qquad \sum_{n=-\infty}^{+\infty}(-1)^n \mathrm{D}_{2n-1}\left\{\int_{(\mathrm{C}_1)} \frac{e^{iu\frac{l}{2}} - e^{iu\left(z+\frac{l}{2}\right)}}{u[u-(2n-1)p]}\alpha^2 \mathrm{J}_0(a\alpha)\mathrm{H}_0^{(2)}(a\alpha)\,du + \int_{(\mathrm{C}_1)} \frac{e^{-iu\frac{l}{2}} - e^{iu\left(z-\frac{l}{2}\right)}}{u[u-(2n-1)p]}\alpha^2 \mathrm{J}_0(a\alpha)\mathrm{H}_0^{(2)}(a\alpha)\,du\right\} = 0.$$

J'évalue les deux intégrales de (5) en appliquant la méthode des résidus; il vient

$$(6)\qquad \pi\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\mathrm{D}_{2n-1}}{(2n-1)p}\alpha_{2n-1}^2 \mathrm{I}_0(a\alpha_{2n-1})\mathrm{H}_0^{(2)}(-ia\alpha_{2n-1})\sin(2n-1)pz$$
$$= \sum_{r=-\infty}^{+\infty}(-1)^2 \mathrm{D}_{2r-1}\left\{\int_0^k e^{-iu\frac{l}{2}} \frac{\sin uz}{u[u-(2n-1)p]}\alpha^2 \mathrm{J}_0^2(a\alpha)\,du + \int_0^{i\infty} e^{iu\frac{l}{2}} \frac{\sin uz}{u[u-(2n-1)p]}\alpha^2 \mathrm{J}_0^2(a\alpha)\,du\right\},$$

avec

$$\alpha_{2n-1} = \sqrt{(2n-1)^2p^2 - k^2}.$$

Je multiplie les deux membres de cette équation par $e^{-i(2n-1)pz}$ et j'intègre de $-(l/2)$ à $+(l/2)$, l étant la longueur de l'antenne et $p = (\pi/l)$. J'adopte

les variables réduites :

$$\zeta = \frac{2l}{\lambda}, \qquad \xi = \frac{2a}{\lambda}, \tag{7}$$

λ étant la longueur d'onde, a le rayon du cylindre.

Il vient alors le système infini d'équations algébriques linéaires :

$$\begin{aligned}(-1)^n \frac{\pi^2}{8} D_{2n-1} \frac{(2n-1)^2-\zeta^2}{2n-1} I_0\left(\pi\xi\sqrt{\left(\frac{2n-1}{\zeta}\right)^2-1}\right) \\ \times H_0^{(2)}\left(-i\pi\xi\sqrt{\left(\frac{2n-1}{\zeta}\right)^2-1}\right) = \sum_{r=1}^{\infty}(-1)^r(2r-1)D_{2r-1} \\ \times\left\{\int_0^h \frac{e^{-i\frac{\pi}{2}z}(\zeta^2-z^2)\,J_0^2\left(\frac{\xi}{\zeta}\sqrt{\zeta^2-z^2}\right)\cos\frac{\pi z}{2}}{[z^2-(2r-1)^2][z^2-(2n-1)^2]}\,dz \right. \\ \left. + \frac{i}{2}\int_0^{+\infty}\frac{(1+e^{-\pi z})(\zeta^2+z^2)\,J_0^2\left(\frac{\xi}{\zeta}\sqrt{\zeta^2+z^2}\right)}{[z^2+(2r-1)^2][z^2+(2n-1)^2]}\,dz\right\}.\end{aligned} \tag{8}$$

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Étude expérimentale d'un guide d'onde à hélice pour accélérateur linéaire à particules lourdes : vitesse de phase.* Note (*) de M. **Albert Septier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les théories relatives à l'emploi d'un guide d'onde circulaire à hélice pour l'accélération de particules lourdes ([1]), ([2]), ([3]) ne peuvent fournir les caractéristiques d'un tel accélérateur que moyennant des approximations dont il est difficile d'évaluer la précision, en particulier dans le cas où l'on veut faire intervenir les supports diélectriques de l'hélice ([4]). C'est pourquoi nous avons déterminé expérimentalement les caractéristiques d'une portion d'un tel guide.

Nous avons transformé cet élément de guide en cavité résonnante par l'adjonction de deux flasques réfléchissantes. Les paramètres géométriques de cette cavité sont (*fig.* 1) : $L = 600$ mm, $s = 6$ mm, $a = 12$ mm, $b = 26$ mm, $d = 3$ mm. La cavité C et le fil de l'hélice H sont argentés et polis; le fil est soudé sur les flasques terminales. C est excitée par une courte antenne A parallèle à l'axe, reliée à un générateur H. F. de fréquence réglable de 150 à 400 MHz. Une sonde S associée à un cristal détecteur D et un galvanomètre M, peut pénétrer dans la cavité grâce à de nombreux petits trous $T_1 \ldots T_n$. (L'expérience montre en effet que lorsque le blindage est voisin de l'hélice, on

(*) Séance du 15 novembre 1954.

([1]) W. Walkinshaw et K. Wyllie, *Math. Mémo.*, 57, W. W. T. R. E., 1948.

([2]) K. Johnsen et H. Dahl, *Chr. Michelsens Inst. Beretn.*, 14, 1951, n° 4.

([3]) K. Johnsen, *Chr. Michelsens Inst. Beretn.*, 16, 1954, n° 3.

([4]) K. Johnsen, *C. E. R. N.-P. S.*, K. J. 27, août 1954.

ne peut le fendre pour déplacer un chariot porte-sonde classique : une fente longitudinale contrarie les lignes de courant circulaires et conduit à des valeurs trop faibles de v/c.)

Le système résonne pour une suite discrète de fréquences; il faut pour chacune d'elles placer S exactement en un nœud de champ électrique radial avant toute mesure. Nous envisagerons tout d'abord les mesures relatives à la longueur d'onde dans le guide : λ_g, desquelles nous pouvons tirer facilement v/c.

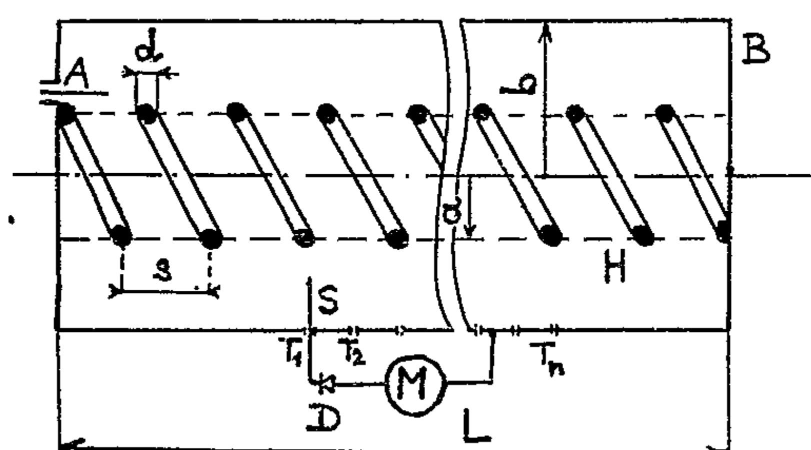


fig. 1

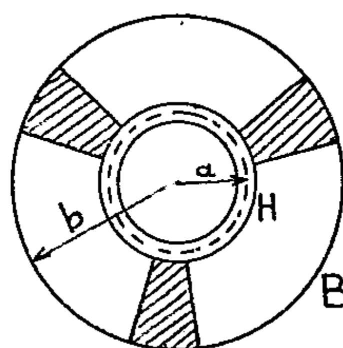


fig 2

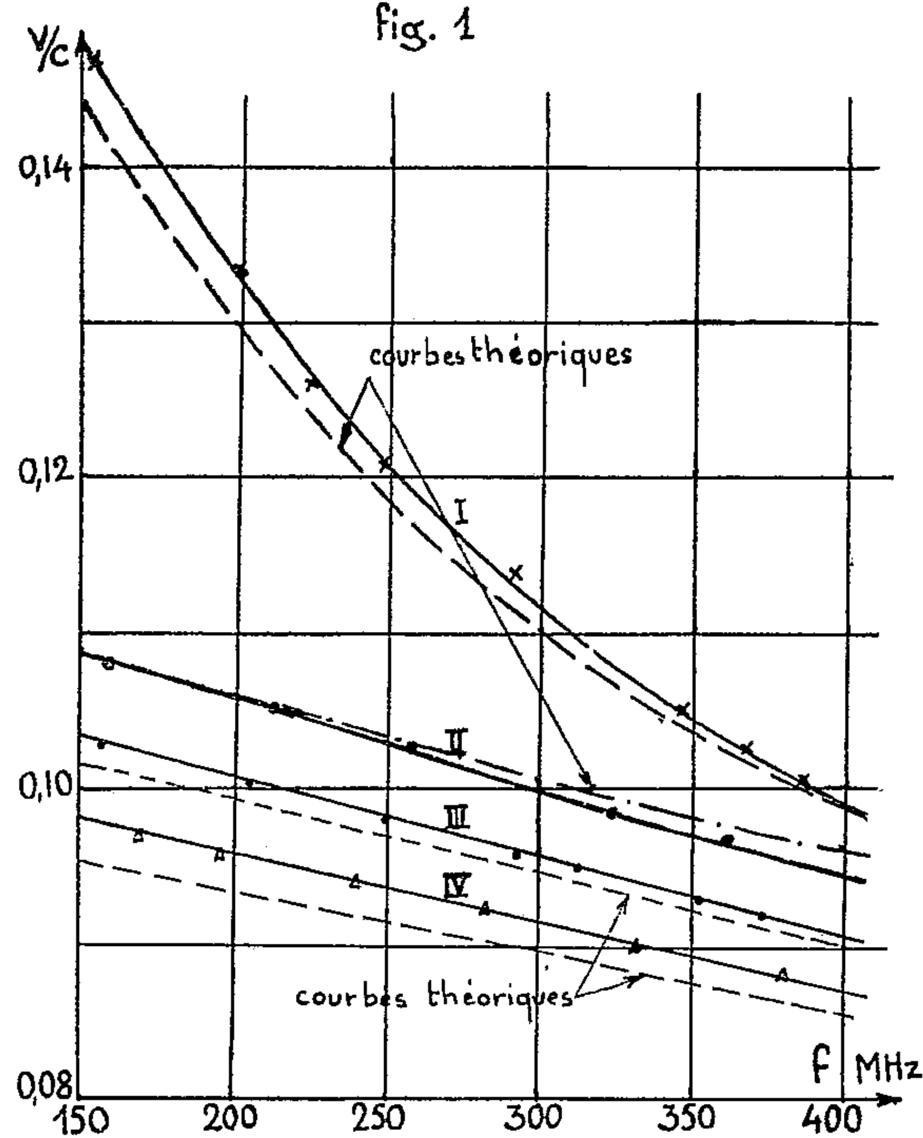


fig. 3.

La cavité est explorée suivant l'axe à l'aide d'une bille d'argent de 5 mm de diamètre, suspendue à un fil de nylon. La bille perturbe légèrement la répartition des champs et provoque une petite variation Δf de la fréquence de résonance f_0 (d'où une variation de l'intensité I lue sur le galvanomètre), sauf si elle se trouve en un nœud commun des champs électrique et magnétique. Ces nœuds sont séparés par une distance $\lambda_g/2$.

On accroît la précision de la mesure en opérant à une fréquence légèrement décalée de f_0 : I varie alors très rapidement avec f. Nous avons effectué les mesures dans les cas suivants :

1° Hélice nue, sans blindage;

2° Hélice avec blindage, mais sans supports;

3° Hélice maintenue en place par 3 supports radiaux de plexiglas (*fig.* 2), l'espace extérieur à l'hélice ayant un coefficient de remplissage α de 0,092;

4° Hélice munie de 3 supports, doubles des précédents ($\alpha = 0,184$).

Les résultats sont portés figure 3 (courbes I, II, III, IV respectivement). On voit que le blindage B, assez rapproché de l'hélice, diminue beaucoup la vitesse de phase, mais son effet décroît rapidement lorsque f augmente, car les champs se concentrent de plus en plus au voisinage de l'hélice. L'introduction de supports diélectriques ($\varepsilon \# 2,63$) ralentit encore l'onde d'environ 10 % pour $\alpha \# 0,2$; cet effet est proportionnel à α et décroît également lorsque f croît. Blindage et supports tendent à diminuer la variation de v/c, qui devient pratiquement linéaire. Nous n'avons pas effectué de mesures pour $\alpha > 0,2$, car la taille des supports suffit alors pour assurer une bonne rigidité mécanique.

Nous avons porté par comparaison les courbes théoriques donnant v/c en fonction de f, l'hélice étant assimilée à une couche mince infiniment conductrice dans la direction des fils. [Les valeurs sont calculées à partir des travaux de K. Johnsen]. Dans le domaine exploré, les valeurs expérimentales relatives à l'hélice nue (cas 1) sont toujours supérieures aux valeurs théoriques, l'écart étant de 2 à 3 % vers 200 MHz. Dans le cas 2, les courbes sont pratiquement confondues vers 200 MHz, puis une légère divergence se manifeste, atteignant 2 % vers 400 MHz. Dans les cas 3 et 4, les valeurs expérimentales sont plus fortes que les valeurs théoriques; la différence ne dépasse pas 3 % pour $\alpha = 0,184$, mais l'écart irait rapidement en croissant si l'on considérait des valeurs plus grandes de α. On voit donc que les résultats théoriques donnent une représentation très approchée de la réalité, bien que l'hélice réelle à structure discontinue diffère du modèle simple utilisé pour les calculs.

DÉCHARGE DANS LES GAZ. — *Étude du rayonnement émis par la décharge électrique par induction dans les gaz rares.* Note (*) de M. **François Cabannes**, présentée par M. Gustave Ribaud.

La décharge électrique par induction dans les gaz rares donne avec le néon, l'argon, le krypton et le xénon, aux faibles pressions les spectres d'arc et d'étincelle; mais aux pressions supérieures à 2 mm de mercure, le spectre d'étincelle disparaît alors qu'il apparaît un fond continu peu intense avec le néon, mais très important avec le xénon. A cette même pression la puissance rayonnée passe par un minimum.

(*) Séance du 15 novembre 1954.

Rappelons que la décharge par induction, est obtenue en excitant un gaz à l'intérieur d'un solénoïde parcouru par un courant alternatif. Le champ électrique responsable de la décharge est uniquement le champ inducteur. La décharge est établie dans une ampoule cylindrique en quartz refroidie par une circulation d'eau.

Nous avons antérieurement mesuré la puissance dissipée dans la décharge induite afin de déterminer les caractéristiques de cette décharge : conductibilité électrique et degré d'ionisation du gaz [1]. Pour avoir des renseignements sur le mécanisme régissant la décharge, nous avons étudié le rayonnement émis dans le visible et l'ultraviolet. Une image de la face terminale du tube à décharge est projetée avec une lentille de quartz, soit sur la fente d'entrée d'un spectrographe, soit sur une pile thermoélectrique préalablement étalonnée.

Les gaz rares étudiés (Ne, A, Kr et Xe) nous ont donné des spectres semblables, constitués, lorsque la pression est inférieure à 1 mm de mercure, des raies d'arc et des raies de l'atome ionisé une fois. Avec le xénon, on observe les raies les plus intenses de l'atome ionisé deux fois.

Lorsqu'on diminue l'excitation, l'intensité des raies d'étincelle diminue par rapport à celle des raies d'arc, ce qui doit correspondre à une diminution de l'énergie moyenne des électrons. Par contre, l'énergie des électrons semble rester constante lorsque la pression varie de 0,03 à 0,6 mm de mercure, car la décharge fournit des spectres identiques sous différentes pressions. Ce résultat permet d'expliquer par la diffusion ambipolaire le fait que dans ce même domaine de pression la puissance totale dissipée dans la décharge est indépendante de la pression. Cependant il sera intéressant de pouvoir vérifier ce résultat par la méthode des sondes.

Lorsque la pression devient supérieure à 2 ou 3 mm de mercure les raies d'étincelle disparaissent et l'on observe un fond continu. Le rayonnement émis par la décharge induite dans les gaz rares sous une pression de quelques millimètres de mercure se rapproche de façon frappante du rayonnement émis par les lampes à éclairs à lumière blanche [2].

Le fond continu, qui est peu intense avec le néon, devient de plus en plus important quand on passe à l'argon, au krypton et au xénon. Avec le xénon nous avons observé un fond continu jusque vers 2 500 Å, c'est-à-dire dans tout le domaine de sensibilité spectrale des plaques panchromatiques. L'intensité du fond continu augmente très vite avec l'excitation.

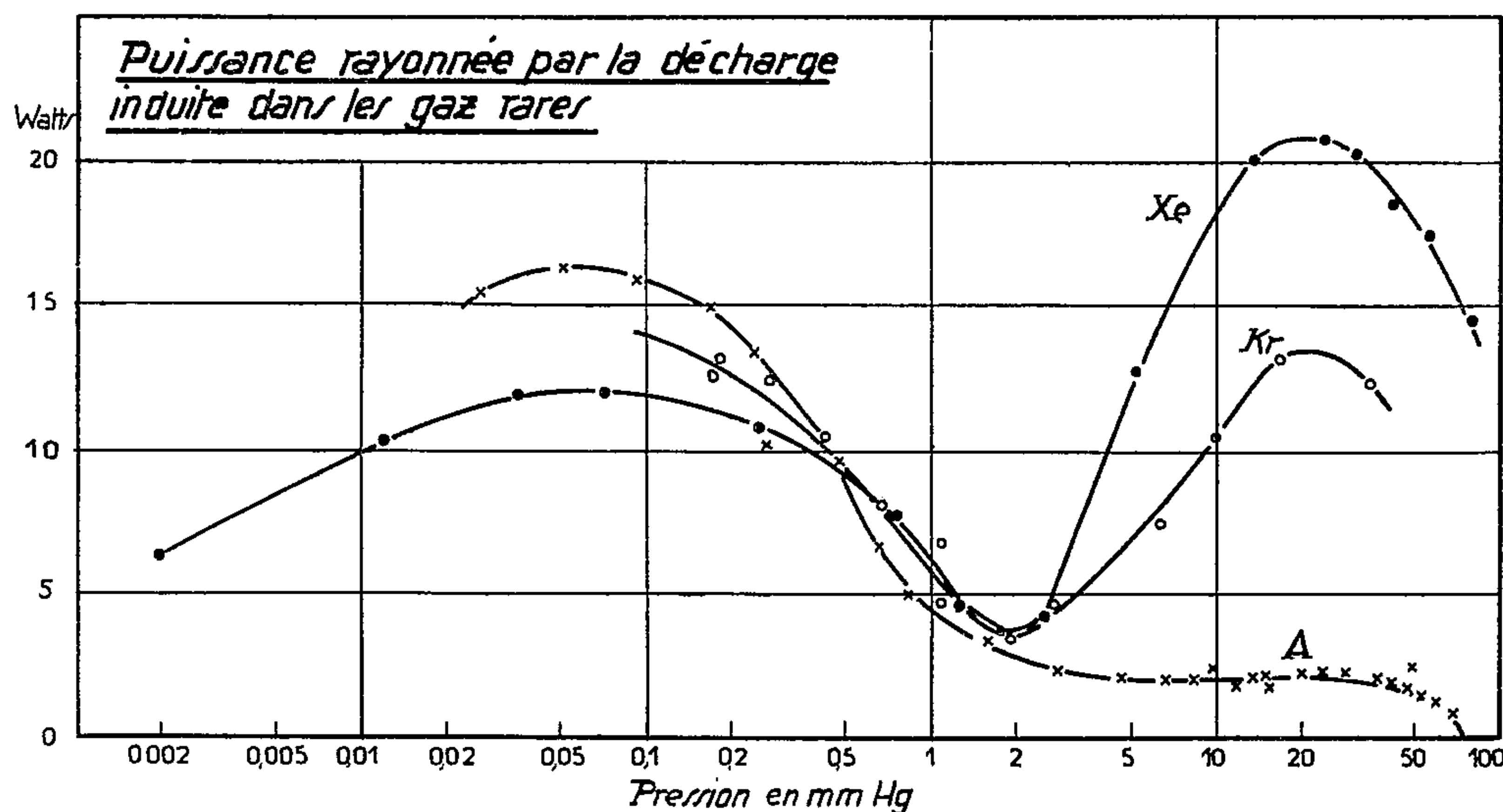
---

(1) F. Cabannes, *Compte rendus*, 238, 1954, p. 1979.

(2) M. Laporte, *Les lampes à éclairs lumière blanche*, Gauthier-Villars, 1949, Paris.

Mesure de la puissance rayonnée. — Nous avons mesuré la puissance W_r rayonnée dans les limites de transparence du quartz à l'exception de l'infrarouge qui est absorbé par l'eau de refroidissement du tube à décharge.

La variation de la puissance rayonnée avec la pression est remarquable.



Elle présente deux maxima, séparés par un minimum à la pression $P_0 = 2$ mm de mercure. Ceci permet de distinguer deux domaines séparés par la pression P_0 qui est justement celle au delà de laquelle disparaissent les raies d'étincelle et apparaît le fond continu.

Aux basses pressions (0,1 mm de mercure) la puissance W_r diminue quand on passe de l'argon au krypton et au xénon. Le deuxième maximum varie en sens inverse, il est très peu marqué avec l'argon et très important avec le xénon. On trouve, comme dans le cas des décharges condensées, que les maxima obtenus avec le xénon et le krypton sous 20 mm de mercure sont dans le rapport 3/2 ([2]). Mais le fait que ce rapport est égal à celui des numéros atomiques de ces deux gaz n'est qu'une coïncidence comme le montrent les résultats obtenus avec l'argon.

La puissance rayonnée croît très rapidement avec l'excitation. Dans le xénon sous 16 et 33 mm de mercure, elle varie sensiblement comme une fonction exponentielle de la puissance totale dissipée dans la décharge, tout au moins jusqu'à l'excitation maximum compatible avec la puissance que peut délivrer le générateur H. F. Le plus grand rendement lumineux de la décharge obtenu avec le xénon sous 33 mm de mercure est 0,05, pour une différence de potentiel haute fréquence aux bornes du solénoïde égale à 570 V et une puissance totale dissipée dans la décharge égale à 820W.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Triplets du rayonnement cosmique : section efficace de production*. Note (*) de Mme **Madeleine Avan** et M. **Louis Avan**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

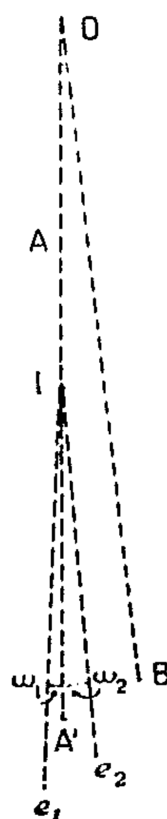
Détermination de la section efficace de production de triplets par les électrons issus de paires. Après élimination des pseudo-triplets, on obtient $\sigma_{exp}=(14\pm14).10^{-24}\,cm^2$.

Nous avons sélectionné dans les émulsions provenant de l'envol de Cagliari (juillet 1953) les triplets émis suivant une branche de paire d'électrons. Après une étude au contraste de phase, nous avons éliminé 32 pseudo-triplets issus de la matérialisation d'un photon du rayonnement de freinage (Bremsstrahlung) au voisinage immédiat de la trajectoire incidente. Les 18 triplets retenus résultent d'une production directe de paires par un électron. Connaissant avec certitude la nature du primaire, nous pouvons déterminer le libre parcours moyen de création de triplets par les électrons relativistes. Les énergies sont calculées par mesures sagittales, à partir de la formule

$$\langle\bar{\theta}^2\rangle^{\frac{1}{2}}=\frac{25}{E};\quad (^1)$$

$\langle\bar{\theta}^2\rangle^{1/2}$, angle moyen de déviation en degrés par 100 μ;
E, énergie en mégaélectrons-volts;
E_A, E_B désignent les énergies de la paire incidente;
E_1, E_2, $E_{A'}$, celles du triplet.

Nous avons calculé d'autre part (*fig.* 1) :



(*) Séance du 8 novembre 1954.

(1) Gottstein, Menon, Rochat, Mulvey et O'Ceallaigh, *Phil. Mag.*, 42, 1951, p. 708.

1° Les angles ω_1 et ω_2 que forment les électrons e_1 et e_2 du triplet avec l'électron primaire.

2° La fraction d'énergie v communiquée à la paire (e_1, e_2), $v = (E_1 + E_2)/E_{A'}$. Cette fraction varie de 5 à 80 % de l'énergie du primaire.

3° La divergence énergétique des deux secondaires en fonction de leur énergie totale, $\mu = (E_1 \text{ ou } E_2)/(E_1 + E_2)$.

4° L'énergie Q des électrons e_1, e_2 dans leur système au repos.

5° La longueur L = OI qui sépare le sommet O de la paire initiale de l'origine I du triplet. Le tableau résume l'ensemble de nos résultats.

		Mesures sur les paires.		Mesures sur les triplets.							
Nos	L (mm).	E_A (MeV).	E_B (MeV).	$E_{A'}$.	E_1.	E_2.	ω_1 (10^4 radians).	ω_2 (10^4 radians).	Q (MeV).	V.	μ.
1.......	7,2	400±60	200±30	250±50	6±2	100±25	300	111	2,4	0,26	0,056
2.......	10,7	1 600±350	20±4	1 000±200	150±30	450±80	110	13	1,5	0,37	0,25
3.......	9,1	1 600±350	70±12	900±250	150±50	250±70	50	34	1,8	0,25	0,37
4.......	6,4	800±200	200±50	500±100	15±3	150±25	800	100	3,5	0,20	0,09
5.......	0,5	1 400±450	400±65	800±400	50±25	140±70	94	317	2,2	0,13	0,26
6.......	6,5	700±120	550±75	450±100	25±5	250±50	375	60	3,09	0,39	0,09
7.......	19,8	4000±600	180±40	3 200±700	35±7	450±80	185	16	2,78	0,12	0.07
8.......	12,4	7000±1500	3000±700	6500±1500	100±15	200±25	86	56	2,3	0,43	0,33
9.......	18,2	6500±1500	–	1 000±400	800±300	4500±900	19	11	4,1	0,81	0,15
10.......	6,6	4500±900	800±300	1 200±400	1400±450	1500±500	11	11	3,3	0,64	0,48
11.......	2,2	600±150	350±60	250±70	40±9	300±75	70	18	1,7	0,56	0,12
12.......	13,2	1 300±250	2000±700	1 100±250	60±10	150±25	172	119	2,8	0,16	0,28
13.......	2,2	200±50	300±60	80±20	60±10	70±15	344	90	1,87	0,65	0,46
14.......	0,9	100±30	100±30	65±10	10±3	35±8	330	96	1,6	0,45	0,22
15.......	7,2	350±80	200±30	250±50	15±4	65±10	1530	90	4,5	0,23	0,18
16 (recul).	8,6	900±200	{50±13 / 20±5}	850±200	15±4	30±10	1050	88	3,0	0,05	0,33
17.......	7,6	1 800±300	700±140	750±200	350±75	750±200	14	00	1,22	0,61	0,32
18.......	0,9	150±30	80±20	70±20	25±5	50±15	950	175	3,2	0,50	0,33

Les triplets 8, 9 et 10 sont associés en cascade. L'électron primaire émet deux triplets respectivement à 12,4 et 30,6 mm de son origine O. Le secondaire e_2 du deuxième triplet crée à son tour un autre triplet après un parcours de 6,6 mm.

L'émission des 18 triplets a été observée sur une longueur totale : $\Sigma L = 142$ mm. Cette valeur correspond à un libre parcours moyen λ de formation de triplets par les électrons de 8 mm soit 0,27 longueur de radiation. En réalité nous devons envisager la présence possible, parmi les 18 triplets analysés, de pseudo-triplets, la conversion du photon de Bremsstrahlung s'effectuant à l'intérieur des limites de résolution spatiale (0,2 μ). Dans

l'intervalle d'énergie envisagé (0,1 — 10 BeV.) Block et King (²) estiment que 6 % des γ se matérialisent si près de la trajectoire incidente qu'il est impossible de distinguer les pseudo-triplets ainsi créés des tridents issus d'une production directe. Le taux des pseudo-triplets non résolubles croît rapidement avec l'énergie et atteint 70 % au voisinage de 100 BeV. Le libre parcours moyen ($2,1 \mp 0,7$ cm) obtenu par Freier et Naugle (³) dans ce domaine ne constitue donc qu'un ordre de grandeur.

Compte tenu de la correction de 6 %, la section efficace de création de triplets par les électrons est, dans la bande de 0,1 à 10 BeV qui nous concerne : $\sigma_{exp} = (14 \pm 4) \cdot 10^{-24}$ cm². Notre section efficace expérimentale varie en première approximation comme $\mathrm{Log}^3 E_A$, mais s'écarte nettement d'une part des estimations faites sur les triplets dont les primaires ne sont pas connus *a priori* (²), (⁴), et d'autre part de l'expression théorique de Bhahha (⁵) : $\sigma_{exp} \sim 10\,\sigma_{th}$.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur les spectres de conversion des éléments* ^{137}Ba *et* ^{134}Ba. Note (*) de MM. **Julien Verhaeghe** et **Jean Demuynck**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Parmi les radioisotopes qui, grâce au nombre relativement restreint d'électrons de conversion émis, sont généralement employés pour l'étalonnage des spectromètres, le ^{137}Cs occupe une place importante.

Nous avons récemment étudié ce corps dans un spectromètre pour rayons β, à double focalisation, dont le grand pouvoir de résolution, évalué à 500 dans des circonstances favorables, permet d'exécuter des mesures avec un degré de précision légèrement meilleur que celui des données spectrales mentionnées dans la littérature.

La courbe spectrale du ^{137}Cs nous a permis entre autre d'évaluer les rapports des coefficients de conversions du ^{137}Ba pour les différentes couches électroniques. Comme relativement peu de nombres ont été publiés nous croyons utile de faire connaître nos résultats. Ces derniers sont reproduits dans le tableau I ci-joint, qui mentionne également quelques nombres trouvés par d'autres auteurs. Dans ce tableau α_K signifie le coefficient de conversion pour des électrons de la couche K.

(²) *Phys. Rev.*, 95, 1954, p. 171.

(³) Naugle et Freier, *Phys. Rev.*, 92, 1953, p. 1086.

(⁴) Hooper, King et Morrish, *Phil. Mag.*, 7, 1951, p. 304; *Can. J. Phys.*, 29, 1951, p. 545; *Phil. Mag.*, 7, 1950, p. 1194; Goldsack et Kannangara, *Phil. Mag.*, 44, 1953, p. 811.

(⁵) Bhabha, *Proc. Roy. Soc.*, A, 152, 1935, p. 559; *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 31, 1935, p. 394.

(*) Séance du 8 novembre 1954.

TABLEAU I.

α_K.	$\frac{N_K}{N_L}$.	$\frac{N_K}{N_{L+M}}$.	$\frac{N_L}{N_{M+N}}$.	
0,12	4,8 ± 0,3	–	–	Mitchell et Peacock (1)
0,081	5,0	–	–	Osaba (2)
0,097	–	4,7	–	Waggoner (3)
–	–	4,6 ± 0,2	–	Graves, Langer (4)
–	5,5	–	3,7	Bendel, Shore (5)
–	5,2 ± 0,2	4,1 ± 0,2	3,6 ± 02	Nos mesures

La valeur du coefficient de conversion se rapproche notablement de la valeur 0,094 calculée pour une radiation magnétique M_4 (6); c'est pourquoi la raie de 661 keV du ^{137}Ba a été cataloguée dans cette catégorie.

En se référant cependant au réseau des courbes théoriques qui donnent le rapport N_K/N_L en fonction de Z^2/E (7), la valeur expérimentale 5,2 se rapproche de la valeur théorique correspondante à la radiation E_5. Toutefois dans ce cas la valeur théorique du coefficient de conversion ne serait que 0,053 (8).

Il en résulte que la raie 661 keV du ^{137}Ba est probablement composée des deux radiations E_5 et M_4.

Nous avons mesuré également avec soin les énergies des électrons de conversion provenant du ^{134}Ba et qui se superposent au spectre β continu du ^{134}Cs. D'une part nous avons observé des électrons de conversion interne et d'autre part les électrons de conversion externe obtenus par la traversée, des rayons γ du ^{134}Ba, d'une couche très mince de plomb (< 5 mg).

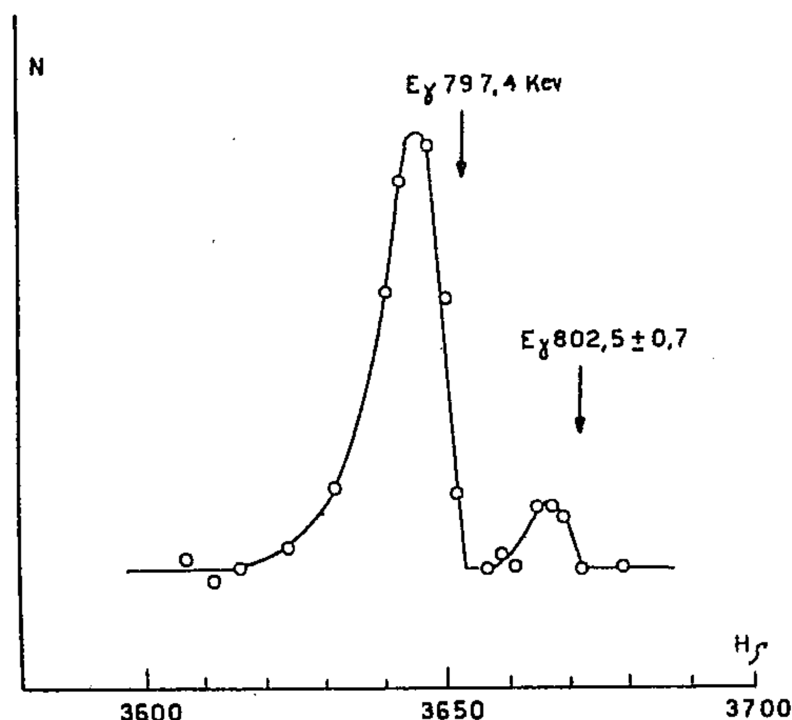
Nous avons enregistré 12 raies de conversion K et deux raies de conversion L. Nos résultats sont contenus dans le tableau II.

Nous observons que certaines valeurs sont en très bon accord avec les résultats de Cork (9) obtenus récemment par un autre moyen. La figure, se rapportant aux raies de conversion K de 796,6 et de 801,9 kV, permet de se faire une idée de la qualité du spectre fourni par l'appareil.

(1) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 197.
(2) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 345.
(3) *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 489; 82, 1951, p. 906.
(4) *Phys. Rev.*, 88, 1952, p. 169.
(5) *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 195.
(6) M. GOLDHABER, *Phys. Rev.*, 83, 1951, p. 909.
(7) HEBB et NELSON, *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 489.
(8) WAGGONER, *Phys. Rev.*, 82, 1951, p. 906.
(9) CORK et al., *Phys. Rev.*, 90, 1953, p. 444.

TABLEAU II.

E_γ (keV) (conversion K interne).	E_γ (keV) (conversion K externe).	$\frac{N_K}{N_L}$.	Intensité relative.
200,4 ± 1,5	–	–	0,04
208,3 ± 1,5	–	–	0,04
475,3 ± 3	–	–	0,04
563,9 ± 2	565,2 ± 0,7	–	0,15
570,4 ± 2	570,9 ± 0,7	–	0,2
605,5 ± 2	605,8 ± 0,7	6,3 ± 0,6	1
661,8 ± 2	–	–	0,02
796,6 ± 0,8	797,4 ± 0,7	8,0 ± 0,8	1
801,9 ± 0,8	802,5 ± 0,7	–	0,15
1034,5 ± 3	–	–	0,04
1168 ± 3	–	–	0,04
1370 ± 3	–	–	0,04



RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Étude du gradient du champ magnétique d'un solénoïde à l'aide de la résonance nucléaire.* Note de MM. **Louis Dick**, **Roger Foucher**, **Nils Perrin**, **Hamlet Vartapetian**, **Georges Béné**, **Pierre Denis** et **Richard Extermann**, présentée par M. Frédéric Joliot.

En vue de déterminer avec précision la topographie du champ magnétique d'un spectromètre β à champ axial uniforme, nous avons utilisé la méthode de résonance nucléaire, pour étudier la variation des gradients du champ magnétique sur l'axe du solénoïde destiné à la construction de ce spectromètre.

Le solénoïde et ses bobines correctrices ont été calculés pour obtenir un champ magnétique uniforme à la précision de 0,5 ‰ dans le volume qui contient les trajectoires des électrons (35 cm de long sur 18 cm de diamètre). Les méthodes classiques de mesure des champs magnétiques, galvanomètre balistique ou fluxmètre, ne permettent pas d'obtenir cette précision sans

prendre des précautions très difficilement réalisables. Les effets de relaxation dans les liquides en résonance nucléaire ([1]), par leur incidence sur la forme des signaux de résonance, sont un moyen particulièrement précis et sensible de mesure du gradient du champ magnétique de résonance. La comparaison des valeurs calculées et des valeurs mesurées de la variation du gradient du champ magnétique sur l'axe du solénoïde du spectromètre, les bobines de correction étant hors circuit, nous a permis d'étudier la précision et la sensibilité de cette méthode.

On sait en effet que la forme des signaux de résonance dépend des temps de relaxation de l'échantillon et de la symétrie du gradient du champ magnétique.

a. Si le gradient n'a pas de direction privilégiée, la largeur de raie en « passage lent » ou le décrément logarithmique des battements en « passage rapide » sont une mesure de l'effet combiné de la relaxation et de l'inhomogénéité moyenne du champ magnétique ([1]), ([2]). Dans ce cas, l'inhomogénéité est donnée par la relation $\Delta H_{tot} = 1/\gamma T_2$, T_2, décrément logarithmique; γ, rapport gyromagnétique des noyaux étudiés); et a été étudiée dans un système de bobines d'Helmholtz ([3]).

b. Si le gradient a une direction privilégiée, en « passage lent » comme en « passage rapide », le signal présente une déformation périodique dont la période est fonction du gradient sur cet axe ([4]), ([5]), ([6]), ([7]).

L'inhomogénéité est donnée par la relation $\Delta H = \pi/\gamma T_3$, où T_3 est la période de la déformation ([8]).

A partir du centre du solénoïde, en se déplaçant sur l'axe, on observe successivement :

1° Des signaux du type *a* (zone de grande homogénéité) (*fig*. 1).

2° Des signaux du type *b* (gradient de champ à direction privilégiée) (*fig*. 2 et 3).

Dans le cas 2°, les déformations périodiques des signaux nous ont permis de vérifier que le gradient sur l'axe d'un solénoïde au voisinage du centre croît linéairement et que la variation sur l'axe de ΔH à l'intérieur de l'échantillon correspond à la valeur calculée (*fig*. 4, courbe I).

La courbe II de la figure 4 nous donne le ΔH moyen dans l'échantillon

---

([1]) F. Bloch, *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 460.

([2]) B. Jacobsohn et R. Wangsness, *Phys. Rev.* 73, 1948, p. 942.

([3]) G. Béné, *H. P. A.*, 24, 1951, p. 367 et 388,

([4]) R. Gabillard, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 324 et 1551.

([5]) R. Bradford, C. Clay et E. Strick, *Phys. Rev.*, 84, 1951, p. 157.

([6]) G. Béné, P. Denis, R. Extermann et H. Bonhomme, *H. P. A.*, 26, 1953, p. 435.

([7]) U. Dolega, *Experim. Tech. Physik*, 2, 1953, p. 22.

([8]) R. Gabillard, *Revue Scientifique*, Paris, 1952, p. 307.

déduit des signaux du type *a*. Nous avons en outre vérifié que l'ordonnée minimum de cette courbe conduit pour T_2 à la valeur $1{,}65.10^{-3}$s en accord avec la valeur théorique $T_2 = 1{,}9.10^{-3}$s calculée pour cette solution (alun de chrome) par la formule valable dans le cas de signaux à déformation périodique ([5]).

D'après les courbes de la figure 4, la variation du gradient axial qu'on peut mesurer par des signaux du type *b* atteint 10^{-5} avec une valeur minimum dans

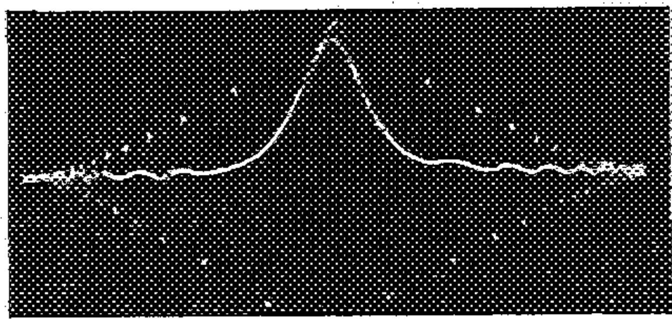


Fig. 1.

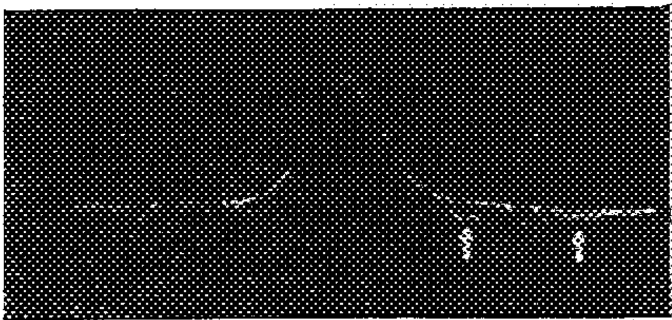


Fig. 2.

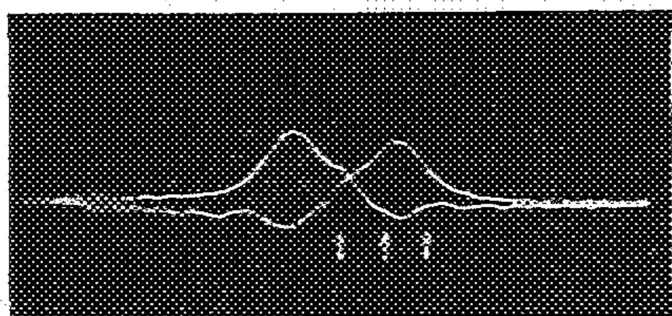


Fig. 3.

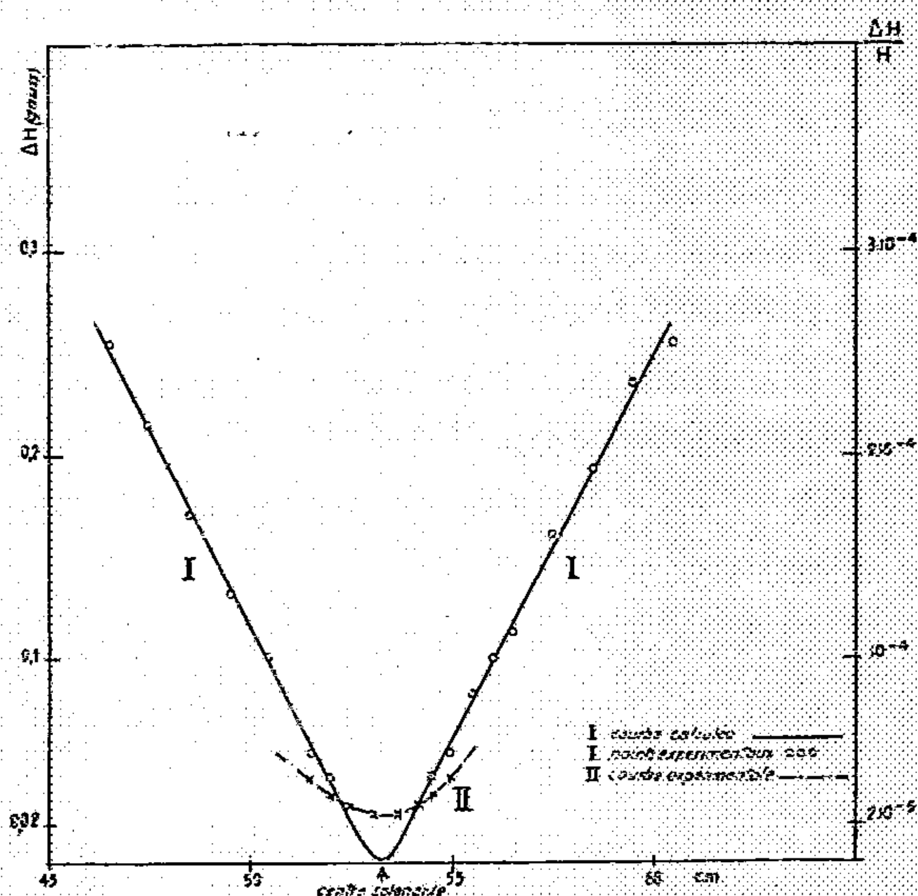


Fig. 4.

nos expériences de 4.10^{-5} et une valeur maximum de 10^{-3}. La variation du gradient moyen qu'on peut mesurer par les signaux du type *a* atteint 2.10^{-6}, la valeur minimum étant déterminée par la largeur naturelle de la raie.

Ces expériences ont donc montré par l'accord très satisfaisant obtenu entre les valeurs observées et les valeurs théoriques du gradient facilement calculable dans notre système que la méthode basée sur la forme des signaux de résonance nucléaire est un moyen particulièrement précis et sensible pour la mesure des inhomogénéités axiale et moyenne d'un champ magnétique quelconque.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *La thermodynamique des phénomènes irréversibles et la cinétique chimique.* Note (*) de M. **André Péneloux**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Pour la thermodynamique des phénomènes irréversibles, un système chimique est défini par n réactions chimiques stœchiométriquement indépendantes; la vitesse de chacune de ces réactions est considérée comme une fonction des « forces », quotients des affinités par la température supposée uniforme, ainsi que d'autres variables $x, y\ldots,$

$$dv_i = L_{i1}\, d\left(\frac{A_1}{T}\right) + \ldots + L_{in}\, d\left(\frac{A_n}{T}\right) + \left(\frac{\partial v_i}{\partial x}\right) dx + \ldots \qquad (1 \leqq i \leqq n).$$

Les lettres L représentent les dérivées partielles des vitesses par rapport aux « forces ». A l'équilibre, $(A_1 = A_2 = \ldots = A_n = 0)$, il est évident que les dérivées partielles des vitesses par rapport aux variables autres que les « forces » sont toutes nulles de sorte qu'au voisinage de l'équilibre les vitesses de réaction pour un système donné peuvent être considérées comme des fonctions des seules « forces ».

Pour la cinétique chimique, le même système est défini par son mécanisme, c'est-à-dire par r réactions chimiques qui ne sont pas forcément stœchiométriquement indépendantes $(r = n + p,\ p \geqq 0)$; la vitesse de chacune de ces réactions est de la forme :

$$V_i = V_i^+ - V_i^- = B_i(k_i^+ a_i^+ - k_i^- a_i^-) \qquad (1 \leqq i \leqq r),$$

B_i est l'extensité du domaine dans lequel se produit la réaction (i), k_i^+ et k_i^- sont les constantes de vitesse ramenées à l'unité d'extensité, a_i^+ et a_i^- représentent des produits de pressions ou d'activités. La constante d'équilibre et l'affinité de la réaction (i) sont respectivement :

$$K_i = \frac{k_i^+}{k_i^-}; \qquad A_i = RT \operatorname{Log} \frac{k_i^+ a_i^+}{k_i^- a_i^-} \qquad (1 \leqq i \leqq r).$$

La différentielle de V_i est

$$dV_i = B_i(dk_i^+ a_i^+ - dk_i^- a_i^-) + \frac{V_i}{B_i} dB_i \qquad (1 \leqq i \leqq r).$$

A l'équilibre

$$V_i = 0; \qquad V_i^+ = V_i^- = B_i k_i^+ a_i^+ = B_i k_i^- a_i^- \qquad (1 \leqq i \leqq r),$$

alors

$$dV_i = \frac{V_i^+}{R}\, d\left(\frac{A_i}{T}\right) \qquad (1 \leqq i \leqq r).$$

(*) Séance du 3 novembre 1954.

Nous voyons ainsi apparaître la possibilité de confronter les points de vue de la cinétique et de la thermodynamique, du moins au voisinage de l'équilibre. Nous allons donc supposer que la description thermodynamique du système tient compte de tous les constituants intermédiaires et qu'elle est constituée de réactions figurant toutes dans le mécanisme; les n premières réactions du mécanisme sont alors identiques aux n réactions de la description thermodynamique et les p autres réactions sont des combinaisons linéaires des n premières :

$$A_{n+k} = \alpha_{k1} A_1 + \ldots + \alpha_{kn} A_n \qquad (1 \leqq k \leqq p).$$

La puissance thermodynamique de de Donder (¹) peut être exprimée de deux manières, suivant que l'on considère la description thermodynamique ou le mécanisme

$$A_1 v_1 + \ldots + A_n v_n \equiv A_1 V_1 + \ldots + A_n V_n + A_{n+1} V_{n+1} + \ldots + A_{n+p} V_{n+p}$$

et l'on peut ainsi exprimer les vitesses thermodynamiques en fonction des vitesses des réactions du mécanisme :

$$v_i = V_i + \alpha_{1i} V_{n+1} + \ldots\ldots + \alpha_{pi} V_{n+p} \qquad (1 \leqq i \leqq n).$$

La différentielle de v_i est donnée par

$$R\,dv_i = V_i^+ \, d\left(\frac{A_i}{T}\right) + \alpha_{1i} V_{n+1}^+ \, d\left(\frac{A_{n+1}}{T}\right) + \ldots + \alpha_{pi} V_{n+p}^+ \, d\left(\frac{A_{n+p}}{T}\right)$$

et les dérivées partielles par

$$RL_{ii} = V_i^+ + \alpha_{1i}^+ V_{n+1}^+ + \ldots\ldots + \alpha_{pi}^2 V_{n+p}^+,$$
$$RL_{ij} = \alpha_{1i}\alpha_{1j} V_{n+1}^+ + \ldots\ldots\ldots + \alpha_{pi}\alpha_{pj} V_{n-p}^+ = RL_{ji}.$$

Ce qui démontre les relations réciproques d'Onsager (²) dans le cas particulier considéré ici.

Comme une représentation thermodynamique quelconque peut se déduire de celle que nous avons considérée ici par des combinaisons linéaires des réactions chimiques, le résultat suivant : *les dérivées partielles des vitesses thermodynamiques par rapport aux « forces » sont, au voisinage de l'équilibre, des fonctions linéaires homogènes des vitesses absolues des réactions qui constituent le mécanisme* est absolument général. Remarquons que les coefficients α sont des nombres entiers ou fractionnaires simples.

En particulier, si, après élimination des constituants intermédiaires dont les concentrations sont supposées stationnaires, le système peut être décrit thermodynamiquement par une seule réaction chimique, au voisinage de l'équilibre, la vitesse de cette réaction est

$$v = \frac{1}{R}(\lambda_1 V_1^+ + \lambda_2 V_2^+ + \ldots + \lambda_r V_r^+)\frac{A}{T}.$$

(¹) I. PRIGOGINE et R. DEFAY, *Thermodynamique chimique*, I, 1944, p. 73.

(²) *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 405 ; 38, 1931, p. 2265.

Les V^+ sont les vitesses absolues des r réactions qui constituent le mécanisme et les coefficients λ sont des nombres entiers ou fractionnaires simples.

Ce résultat diffère de celui d'autres auteurs ([3]) qui ont abordé le même problème sans faire de distinction précise entre la description thermodynamique et le mécanisme d'un phénomène chimique.

ÉLECTROCHIMIE. — *Influence des additions de chlorure de potassium sur la surtension du cuivre en solution de sulfate de cuivre.* Note (*) de M. **Minko Balkanski**, présentée par M. Eugène Darmois.

L'addition de ClK dans des solutions de SO_4Cu M/10 dans lesquelles on étudie la surtension du cuivre provoque une diminution de l'énergie d'activation relative. L'augmentation de la concentration des ions K^+ a pour effet de diminuer le degré d'hydratation des ions Cu^{++} ce qui conduit à une diminution de l'énergie d'activation de la désolvatation.

L'influence des électrolytes « neutres » sur les phénomènes de surtension a préoccupé beaucoup d'électrochimistes et les opinions sont encore partagées. Nous avons repris cette étude par deux méthodes différentes et obtenu des résultats significatifs tels que la surtension limite et l'énergie d'activation.

Nous avons étudié la surtension du cuivre dans des solutions de SO_4Cu M/10 dans lesquelles étaient ajoutées des quantités variables de ClK. Le potentiel de la plaque de cuivre (cathode) plongée dans la solution était mesuré par rapport à une électrode à calomel saturé. Les courbes de surtension en fonction de la densité de courant sont données sur la figure 1.

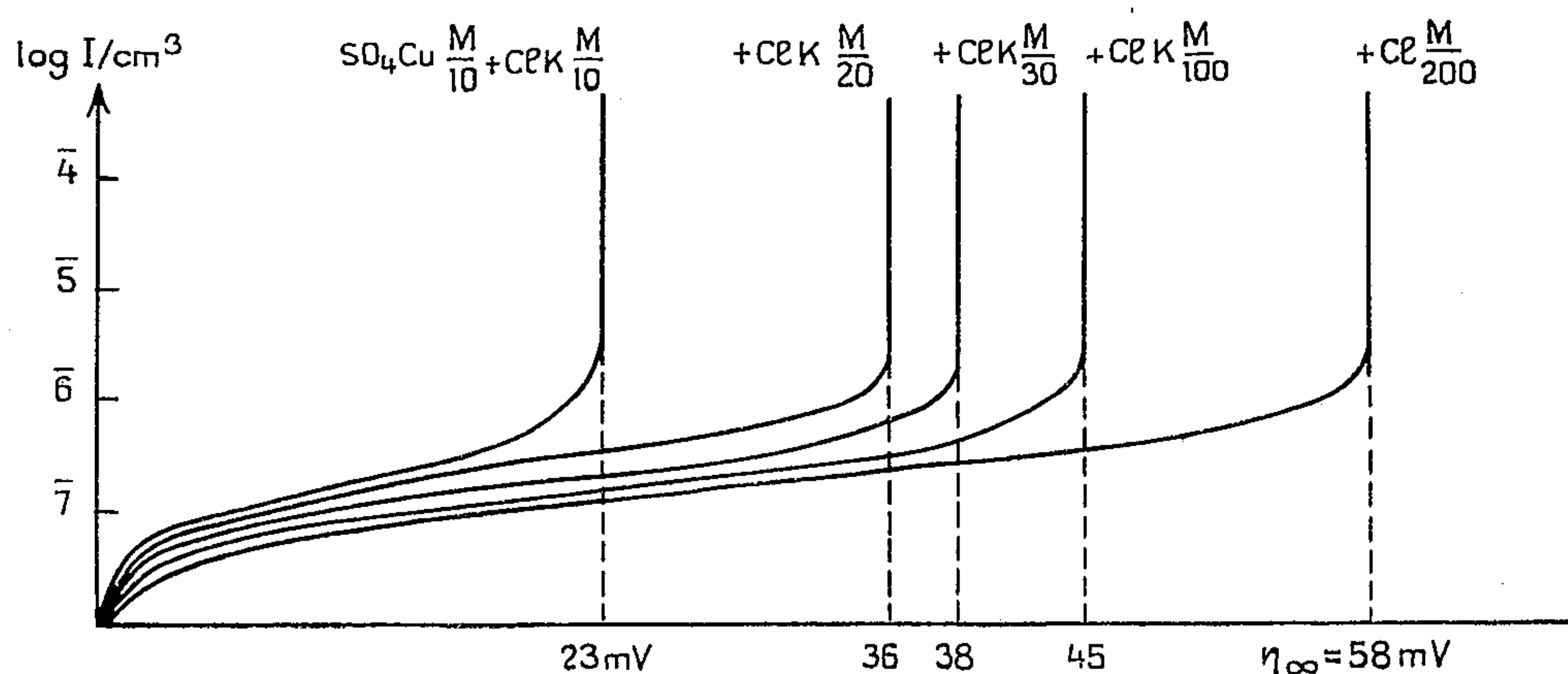


Fig. 1.

On constate que la surtension limite η_∞ varie linéairement avec la concentration de ClK ajouté.

([3]) M. Manes, L. J. E. Hoffer et S. Weller, *J. Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 1355.

(*) Séance du 8 novembre 1954.

Il nous a paru intéressant de voir quels sont les écarts entre les valeurs de l'énergie d'activation de la décharge du Cu^{++} obtenues pour différentes solutions additionnées de quantités variables de ClK. Dans ce but nous avons adopté un dispositif d'étude de la surtension comprenant une électrode à gouttes d'amalgame de cuivre. La cathode étant constituée par l'amalgame à 1 % de cuivre et l'anode par une spirale de cuivre électrolytique, le potentiel de la cathode par rapport à l'électrode saturée de calomel était mesuré avec le montage habituel d'opposition. Les courbes de surtension obtenues pour une solution de SO_4Cu M/10 et différentes concentrations en ClK sont données sur la figure 2.

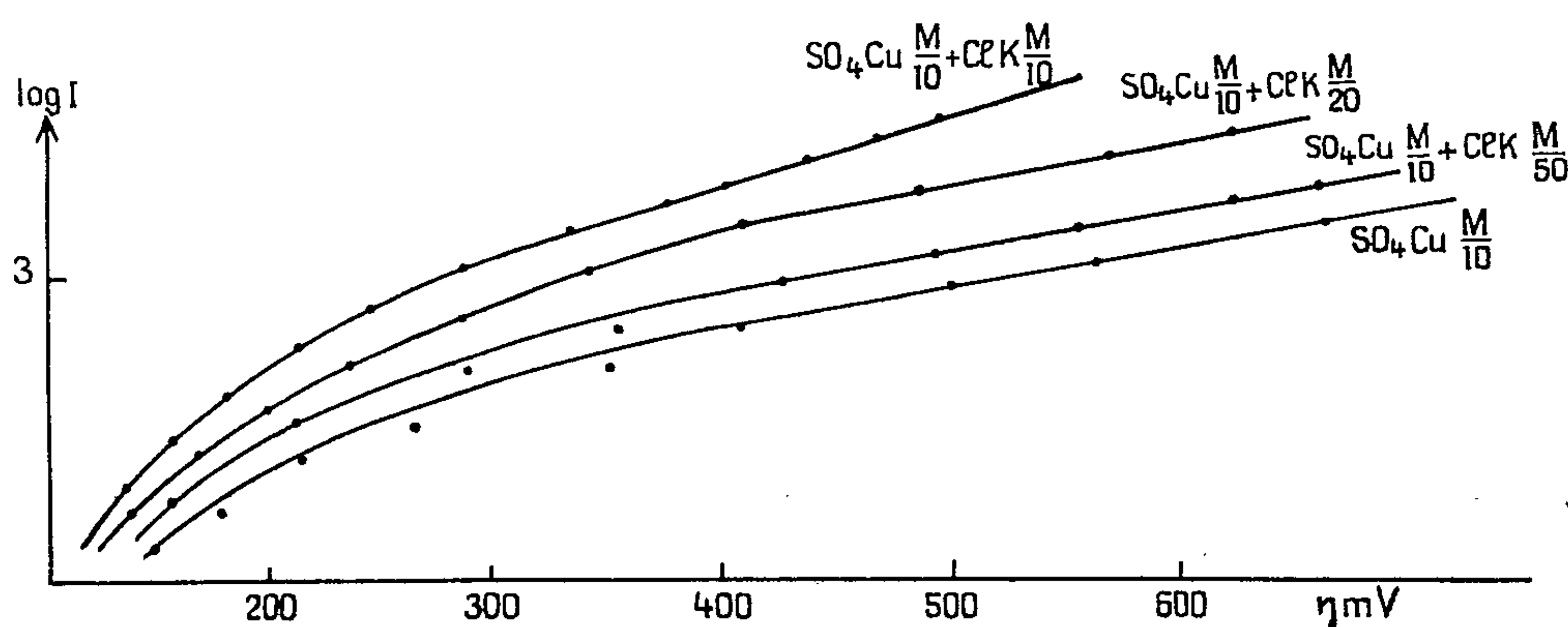


Fig. 2.

L'étude de chacun des cas représentés par ces courbes a été reprise à différentes températures entre 0 et 50° C. Les faisceaux de courbes construits pour chaque température nous donnent la possibilité de calculer l'énergie d'activation de la décharge des ions Cu^{++} à partir des différentes solutions.

Les valeurs de l'énergie d'activation relative obtenues sont données dans le tableau.

Électrolytes.	W.
SO_4Cu M/10	4 000 cal
SO_4Cu M/10 + ClK M/50	3 400 »
SO_4Cu M/10 + ClK M/20	2 300 »
SO_4Cu M/10 + ClK M/10	500 »

Les nombres obtenus n'ont évidemment pas de valeur absolue : l'énergie d'activation est calculée par rapport à l'électrode de référence qui dans notre cas est le calomel saturé.

Ces résultats montrent qu'il y a une dégradation très nette de l'énergie d'activation de la décharge. Si l'on admet que l'ion K^+ s'hydrate très fortement en solution aqueuse, son introduction dans la solution va provoquer une déshydratation partielle de l'ion Cu^{++}. Le volume du complexe solvaté de

l'ion Cu^{++} va diminuer et son extraction de ce complexe deviendra de plus en plus facile. L'énergie de désolvatation diminue à mesure que la quantité de ClK introduit dans la solution augmente. Il y a en outre, une relation linéaire entre l'énergie d'activation de la décharge et la concentration de ClK additionné ainsi qu'entre la surtension limite et le titre de ClK.

D'après ces résultats expérimentaux on peut penser que le terme le plus important dans l'énergie d'activation de la décharge des ions Cu^{++} est l'énergie de désolvatation. La surtension serait donc directement proportionnelle à l'énergie de désolvatation des ions.

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude de la surtension à courant constant dans le cas des systèmes d'oxydoréduction : calcul des coefficients de transfert d'énergie.* Note de M. **Georges Feuillade**, présentée par M. Eugène Darmois.

Dans deux Notes précédentes [1], [2], nous avons formulé une théorie de la surtension en régime non stationnaire. La présente Note exposera les modalités du calcul des coefficients de transfert d'énergie dans le cas d'un processus électronique, le seul que nous ayons eu l'occasion d'observer. Si le processus est de ce type, la surtension doit évoluer conformément à la formule

$$\Delta V = \frac{60}{\nu\alpha}\,\mathrm{Log}_{10}\left\{1 - \left(\frac{1,1285\,i}{C_{eq}\,F\sqrt{D}}\right)_{\text{réel}}\sqrt{t}\right\},$$

où C_{eq} est la concentration en équivalents, et le temps de transition T observé correspond à la relation

$$\left(\frac{C_{eq}\sqrt{D}}{i}\right)_{\text{réel}} = \frac{1,1285\sqrt{T}}{F}.$$

D'autre part, nous avons tracé un certain nombre de courbes standard :

$$\Delta_1 V = 60\,\mathrm{Log}_{10}\left\{1 - \left(\frac{1,1285\,i}{C_{eq}F\sqrt{D}}\right)_{st}\sqrt{t}\right\} \quad \text{où} \quad \left(\frac{C_{eq}\sqrt{D}}{i}\right)_{st} = \frac{6,72.10^{-9}}{i_{st}}$$

et $i_{st} = 15,\ 18,\ 21,\ 24\,\mu A/cm^2$.

Dans la majorité des cas, nous ne posséderons que des valeurs approchées du produit $(C_{eq}\sqrt{D})_{\text{réel}}$, en général différentes de la valeur $(C_{eq}\sqrt{D})_{st}$ utilisée pour la construction des courbes. Nous opérerons donc de la façon suivante. Soit i_1 une intensité réelle arbitraire qui, en particulier, pourra être égale à une certaine intensité standard i^*_{st}. A cette valeur i_1 correspond un temps de transition T_1 différant en général de T^*_{st}. Soit encore $i_2 = i_1/Z_1$ où

$$Z_1 = \left(\frac{C_{eq}\sqrt{D}}{i^*}\right)_{st}\left(\frac{C_{eq}\sqrt{D}}{i_1}\right)^{-1}_{\text{réel}} = \frac{6,72\ 10^{-9}\,F}{1,1285\sqrt{T_1}\,i^*_{st}} = \frac{575}{i^*_{st}\sqrt{T_1}}$$

(les intensités étant alors exprimées en microampères par centimètre carré).

---

(1) G. Feuillade, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 268.
(2) G. Feuillade, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 535.

Cela entraîne $(C_{eq}\sqrt{D}/i^*)_{st} = (C_{eq}\sqrt{D}/i_2)_{réel}$. Il en résulte donc qu'une nouvelle expérience effectuée avec le courant i_2 pourra être interprétée à l'aide de la courbe standard correspondant à i^*_{st}. L'évaluation de T_1 étant assez peu précise (de l'ordre de 30 s pour 15 mn), il peut arriver que $Z_2 = 575/i^*_{st}\sqrt{T_2} \neq 1$. On recommencera donc une autre expérience avec $i_3 = i_2/Z_2 = i_1/Z_1 Z_2$ et ainsi de suite. La formule générale pour la $(n + 1^{ième})$ expérience serait $i_{n+1} = i_1/\Pi^n_{j=1} Zj$. Comme on le voit, cette méthode n'est convergente que dans les limites d'erreur sur T. En axes $(\Delta V - \Delta_t V)$, les droites dont la pente donne $\nu\alpha$ se présentent en général infléchies dans leur dernière portion.

La droite idéale se trouverait comprise entre les parties rectilignes des courbes expérimentales correspondant à $z_n = 1 \pm \varepsilon$. A condition de faire un certain nombre d'expériences, on peut donc obtenir la vraie valeur de $\nu\alpha$ dans un intervalle d'erreur assez étroit : $< 5\ \%$ en valeur absolue.

A titre d'exemple, nous décrirons les résultats obtenus dans l'oxydation de l'hydroquinone et la réduction de l'azobenzène en milieu acide (SO_4H_2, N), l'azobenzène étant en solution alcoolique à 50 %. Dans des conditions analogues, les cœfficients de diffusion de l'hydroquinone ([3]) et de l'azobenzène ([4]) ont été trouvés égaux respectivement à $0,9 . 10^{-5}$ et $0,5 . 10^{-5}$ cm^2 s^{-1}. On a utilisé des concentrations C_{eq} telles que $C_{eq}\sqrt{D} = 6,72 . 10^{-9}$. Les expériences ont été effectuées à l'aide d'une petite cuve cylindrique dont le fond est constitué par une plaque de platine utilisée comme électrode de mesure. Cette disposition permet de réaliser un régime de diffusion plan. L'appareil est maintenu à $25° \pm 0,1$. La mesure est effectuée à l'aide d'un montage d'opposition. En ce qui concerne l'azobenzène, une série de 15 expériences a permis de donner comme valeur de $\nu\alpha$: $0,93 < \nu\alpha < 1$. Pour l'hydroquinone, la valeur de $\nu\alpha$ résultant de 15 expériences successives s'est trouvée comprise entre 0,89 et 0,91. Ces résultats indiquent que, dans les deux cas, le mécanisme électronique est extrêmement probable. Il confirme les résultats de E. Lewartovicz ([5]) et K. Vetter ([3]) sur le système quinone-hydroquinone.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur quelques cas de polygonisation non provoquée d'alliages industriels.* Note (*) de M. **Pierre-A. Jacquet** et Mme **Adrienne-R. Weill**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Des exemples de polygonisation typiques ont été rencontrés dans deux alliages industriels à base de cuivre coulés, et dans un alliage léger, également industriel, forgé à chaud puis homogénéisé et vieilli. Les sous-grains révélés par la micrographie correspondent bien aux domaines qui donnent lieu au morcellement des taches des diagrammes de rayons X.

(3) K. Vetter, *Z. Elektrochem.*, 56, 1952, p. 798.
(4) P. J. Hillson et P. P. Birnbaum, *Trans. Far. Soc.*, 48, 1952, p. 478.
(5) E. Lewartovicz, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1173.

(*) Séance du 15 novembre 1954.

Après avoir constaté la polygonisation de divers spécimens d'uranium, d'un fer fritté et d'un laiton α industriel (¹), nous l'avons recherchée dans des alliages de fabrication courante où les micrographies suggèrent la subdivision des grains. Les résultats obtenus peuvent se résumer ainsi.

1. *Cupro-nickel* 70-30. — Plusieurs fragments de l'alliage n° 1 (sans silicium) prélevés en diverses régions de deux billettes de 65 kg chacune sont polis électrolytiquement et attaqués dans $FeCl_3$, 3,5 g; HCl, 25 cm^3; C_2H_5OH, 75 cm^3. Les gros grains présentent la sous-structure (*fig.* 1).

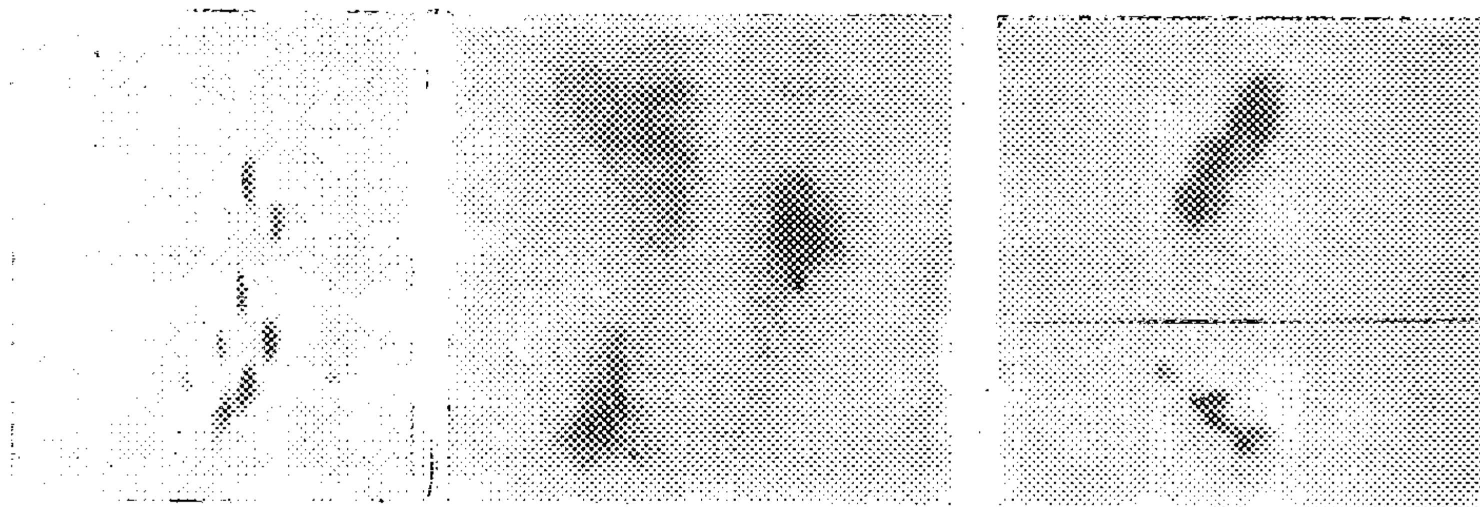


Fig. 1. (g = 400) Fig. 2. (g = 1300) Fig. 3. (g = 340)

Fig. 1. — Cupro-nickel n° 1. Vers le bas un joint intergranulaire.

Fig. 2. — Alliage RR 58. Constituant et réseau de sous-structure dans un grain.

Fig. 3. — Laiton β trempé à 800°. Micrographie en contraste de phase négatif. En bas un joint intergranulaire.

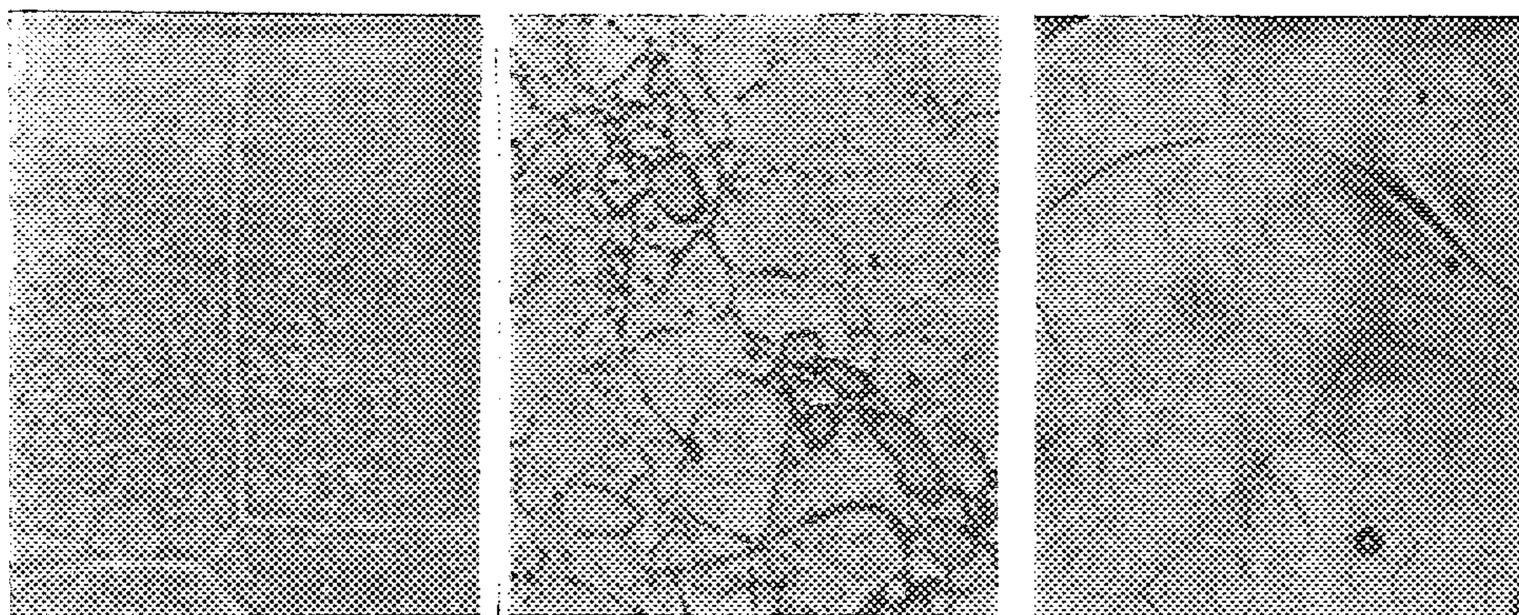


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

(Agrandissements de taches de réflexion en retour (radiation du cuivre) ramenées à la même dispersion, environ 10′ par mm.)

Fig. 4. — Cupro-nickel n° 1 (en haut) et n° 2 (en bas).

Fig. 5. — Alliage RR 58.

Fig. 6. — Laiton β trempé à 800°.

(¹) M. C. Englander et P.-A. Jacquet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 262; P.-A. Jacquet et A.-R. Weill, *Ibid.*, p. 1002; P.-A. Jacquet, *Rev. Métallurgie*, 51, 1954, p. 385; *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1332; 238, 1954, p. 2165; *Acta Metallurgica* (sous presse).

Les taches de diffraction en retour (diagrammes focalisés) montrent une subdivision en domaines faiblement désorientés (*fig.* 4, en haut). Avec un cupro-nickel n° 2, également en billettes, d'une autre provenance (contenant 0,21 % de silicium), examiné sous les mêmes conditions, apparaissent seulement les contours intergranulaires et les espaces interdendritiques riches en cuivre, sans indice de sous-structure. Certaines taches des diagrammes comportent cependant des fragmentations traduisant un stade peu avancé de polygonisation (*fig.* 4, en bas).

2. *Alliage RR* 58 (à base d'aluminium avec 2,28 % Cu; 1,20 % Ni; 1,52 Mg; 1,10 Fe; 0,15 % Si; 0,09 % Ti). — Le polissage électrolytique de plusieurs morceaux prélevés sur le bord d'attaque d'une aube de compresseur centrifuge matricée à chaud, recuite à 530°, trempée et revenue 20 h à 200°, révèle les constituants normaux et à l'intérieur de certains grains un réseau de fines ponctuations (*fig.* 2). Après attaque anodique apparaissent ailleurs des aiguilles d'extrême finesse, plus concentrées sur les lignes d'un réseau intragranulaire. Ces deux aspects correspondent à une taille différente de la phase précipitant pendant le revenu. Les fragmentations des taches de diffraction sont nombreuses et serrées (*fig.* 5).

3. *Laiton* β (62,59 % Cu; 33,42 % Zn; 3,99 % Al). — Après polissage électrolytique la plupart des très gros grains d'un petit lingot coulé, recuit 90 mn à 800° et trempé, préparé par A. R. Bailey, sont divisés en un petit nombre de domaines, et lorsqu'un de leurs contours rencontre un joint de grains il est presque toujours orienté à 90° par rapport à celui-ci (*fig.* 3). Les taches de Laue sont nettement subdivisées (*fig.* 6).

Si le même alliage est refroidi lentement à partir de 800°, les grains ne présentent aucun indice de sous-structure et les taches de Laue ne sont pas morcelées.

En conclusion les grains des trois alliages examinés sont polygonisés, mais les conditions d'apparition de cet état structural et ses caractéristiques (nature des sous-joints, taille et degré de désorientation des domaines) sont spécifiques de chacun d'entre eux.

CHIMIE DES COMPLEXES. — *Sur des dérivés di- et tribasiques des acides antimonio- et bismuthotartriques.* Note de M. Maurice Girard, présentée par M. Eugène Darmois.

L'addition progressive de potasse à une solution aqueuse d'émétique ordinaire, ou antimoniotartrate acide de potassium, provoque successivement deux réactions différentes : tout d'abord, à partir de pH 8, démolition du complexe avec précipitation d'oxyde antimonieux, puis, au voisinage de pH 11, redissolution définitive de Sb_2O_3 précipité, quel que soit l'excès d'alcali

introduit. En même temps, le pouvoir rotatoire initialement droit de l'émétique ordinaire devient fortement lévogyre en milieu alcalin ([1]), et une valeur différente de la dispersion rotatoire s'installe, caractéristique d'un composé nouveau ([2]).

E. Darmois ([3]) considère ce complexe lévogyre comme un dérivé tribasique de l'acide antimoniotartrique : $TSbK_3$ (T = reste tartrique).

Entre l'émétique acide (TSbK) et le complexe alcalin tribasique ($TSbK_3$), J.-L. Delsal ([4]) admet, en outre, l'existence d'un composé neutre intermédiaire $TSbK_2$. Dérivés di- et trialcalins se retrouveraient, d'ailleurs, dans le cas d'autres complexes métallotartriques comme l'acide bismuthotartrique ([5]).

Mais l'existence de tels complexes n'a été pressentie jusqu'alors que sur des graphiques polarimétriques ou électrométriques, et aucun composé de ce type n'a jamais été isolé. Aussi cette question mérite-t-elle d'être reprise et, si possible, complétée par l'isolement des dérivés prévus antimonieux et bismuthiques, dont l'existence et la structure présenteraient, du point de vue des émétiques en général, une importance particulière.

COMPLEXES DIALCALINS. — 1. *De l'acide tartroantimonieux.* — *a.* Essais d'isolement : deux procédés simples sont mis en œuvre dont le principe consiste à admettre :

qu'une molécule d'émétique en solution, traitée par une molécule de KOH, se transforme en dérivé dialcalin ($TSbK_2$), susceptible d'être insolubilisé par l'alcool sans dissociation ;

que le composé cherché résulte de l'union de l'oxyde antimonieux avec le tartrate neutre de potassium, grâce aux seuls oxhydriles alcooliques restés libres dans la molécule de TK_2.

De nombreuses expériences, effectuées selon l'une et l'autre méthode, n'ont pas permis d'isoler un composé défini.

b. Essais d'identification : basés sur l'étude des variations du pouvoir et de la dispersion rotatoires au cours de la neutralisation de solutions d'émétique, soit directement par des agents alcalins doux comme l'acétate de sodium et le carbonate monopotassique, soit par la potasse, mais en présence d'un excès de tartrate neutre destiné à éviter ou à retarder la précipitation de Sb_2O_3.

En conclusion, $TSbK_2$ a peu de chances d'exister.

2. *De l'acide bismuthotartrique.* — *a.* Essais d'isolement : soit en cherchant à cristalliser sous vide une solution renfermant 1 mol. $Bi(NO_3)_3$, 1 mol. TH_2

([1]) GROSSMANN, *Z. phys. Chem.*, 57, 1906, p. 533.

([2]) T. M. LOWRY et P. AUSTIN, *Phil. Trans. Roy. Soc. Londres*, 222 A, 1922, p. 249.

([3]) *Bull. Soc. Chim. Belgique*, 36, 1927, p. 67.

([4]) *Thèse Doc. Sciences*, Lille, 1938.

([5]) A. ROSENHEIM et W. VOGELSANG, *Z. Anorg. Chem.*, 48, 1906, p. 205.

et 5 mol. KOH, soit en précipitant par l'alcool méthylique une solution aqueuse concentrée de 1 mol. d'acide bismuthotartrique et 2 mol. de KOH. Les produits obtenus, dans les deux cas, représentent des mélanges et non des composés définis.

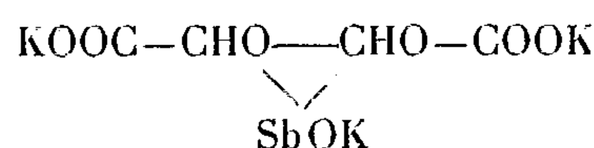
b. Essais d'identification : portent sur l'étude polarimétrique de solutions obtenues en neutralisant l'acide bismuthotartrique, soit par de la soude en présence d'acétate de sodium, soit par un agent alcalin doux. Ici encore, la dispersion rotatoire reste inchangée.

COMPLEXES TRIALCALINS. — 1. *De l'acide tartroantimonieux*. — *a*. L'étude du pouvoir et de la dispersion rotatoires de solutions variées résultant de l'action, soit de la potasse sur l'émétique, soit de $KSbO_2$ sur TK_2 et sur le tartramide, montre l'existence d'un complexe trialcalin.

b. Ce dernier peut d'ailleurs être séparé et analysé, après précipitation par l'alcool des solutions alcalines précédentes. Mais le produit obtenu est instable et facilement dissocié.

c. L'isolement d'un sel mixte de potassium et de baryum $TSbK_2Ba(1/2)$, moins soluble et moins dissocié que $TSbK_3$, permet d'affirmer, avec plus de certitude encore, l'existence de dérivés tribasiques.

d. La constitution probable de $TSbK_3$ est la suivante :



Elle est fondée, en particulier, sur la possibilité de formation de $TSbK_3$ à partir de TK_2 et de $KSbO_2$, et sur l'isolement de $TSbK_2Ba(1/2)$, à partir d'émétique de baryum et de potasse.

2. *De l'acide bismuthotartrique*. — L'existence de sels tribasiques de l'acide bismuthotartrique, $TBiK_3$ et $TBiK_2Ba(1/2)$, est confirmée par des résultats moins probants que dans le cas des dérivés tartroantimonieux. Cependant, des considérations polarimétriques et spectrographiques, jointes à la séparation de complexes, certes facilement dissociables mais de composition relativement voisine de la théorie, permettent de croire à cette existence.

En résumé : les résultats obtenus ne permettent pas de confirmer l'existence de dérivés dialcalins des acides antimonio- et bismuthotartriques. Par contre, ils montrent que ces mêmes acides complexes, en solution alcaline forte, sont capables de fixer trois atomes monovalents (en partie substituables par le baryum) pour donner naissance à des composés définis isolables.

RADIOCHIMIE. — *Séparation Actinium-Actinium* K (^{223}Fr) *par chromatographie sur papier*. Note (*) de Mlle **Marguerite Perey** et M. **Jean-Pierre Adloff**, transmise par M. Frédéric Joliot.

La technique chromatographique déjà utilisée pour purifier le francium ([1]) permet d'obtenir directement et de façon continue du francium pur, sans entraîneur, à partir d'actinium séparé de ses dérivés.

La technique expérimentale a été décrite ([1]). Les essais préliminaires ont été faits avec MTh II (^{228}Ac) et ^{137}Cs qui se séparent quantitativement comme le montre l'évolution de l'activité du chromatogramme (*fig.* 1).

Un produit actinifère a été purifié chimiquement par les méthodes ordinaires ([2]) (éliminations répétées de RAc, AcX et dépôt actif); l'absence de tout dérivé de l'actinium a été vérifiée en suivant l'accroissement de l'activité β qui, dans les limites de la précision sur l'instant de la dernière purification, se fait avec la période de AcK, en partant d'une activité initiale nulle. Une faible portion du produit purifié est déposée sur le papier chromatographique sous forme de chlorure neutre.

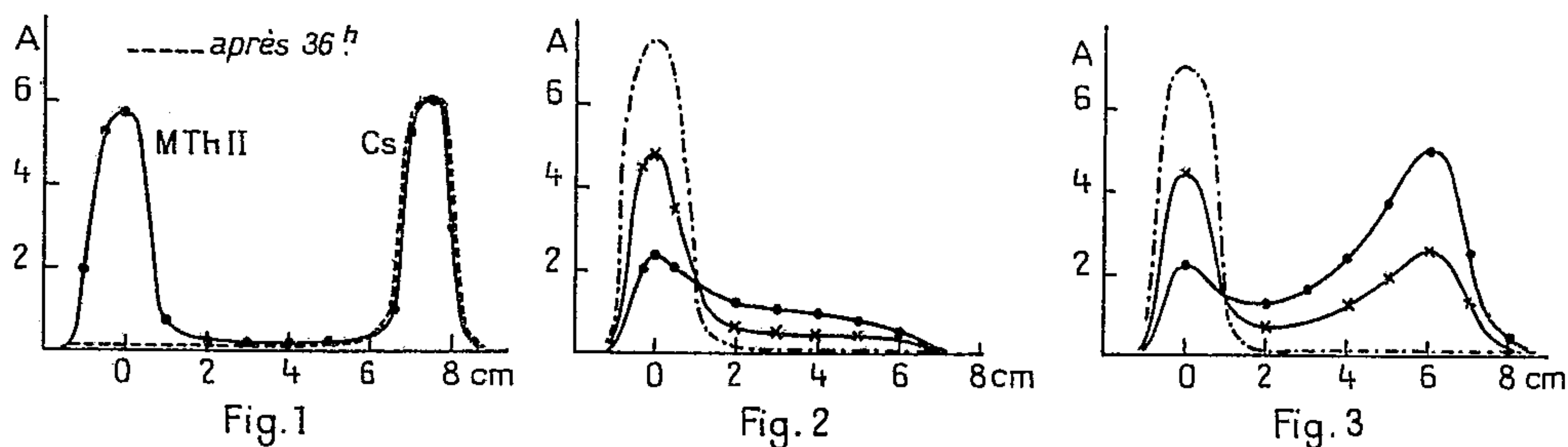


Fig. 1, 2 et 3. — ● première mesure après la fin de la chromatographie; × après 21 minutes; —·—·— après 2 heures. Les activités sont exprimées en coups/minute. Gr. = 1000.

Résultats expérimentaux. — 1° Ac *exempt de tout dérivé, y compris* AcK (*fig.* 2). — La chromatographie est mise en route dès la fin de la dernière purification : AcK est entraîné par l'éluant [$CO_3(NH_4)_2$ à 10 %] au fur et à mesure de sa formation, l'activité au point de dépôt (position o) que l'on observe à la première mesure correspond à la formation de francium pendant les trois minutes qui séparent la fin de la chromatographie du début des mesures. Après 2 h l'activité est nulle, sauf au point de dépôt où l'actinium s'est mis en équilibre avec l'actinium K.

(*) Séance du 27 octobre 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1163.

([2]) M. Perey, *J. Chim. Phys.*, 43, 1946, p. 152.

2° Ac *en équilibre avec* AcK, *sans autre dérivé* (*fig.* 3). — Le produit actinifère est déposé sur le papier après 2 h d'accumulation pour la mise en équilibre du francium. A l'instant de la première mesure, le chromatogramme présente deux maxima d'activité dont l'un est situé comme précédemment au point zéro; l'autre, à la position 6 cm, correspond au francium qui était en équilibre avec l'actinium et qui a été élué. La zone entre les deux maxima correspond à l'entraînement du francium formé pendant la chromatographie.

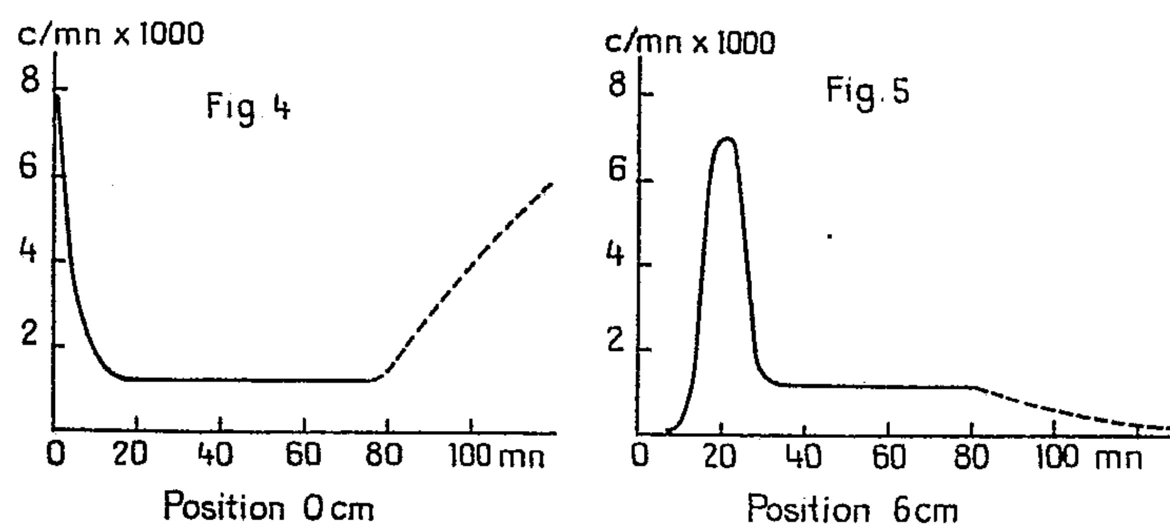


Fig. 4 et 5. — Évolution de l'activité, en fonction du temps, aux positions 0 et 6 cm pendant la chromatographie. La chromatographie a été arrêtée au bout de 80 minutes.

La cinétique de ces chromatographies a été étudiée en suivant l'évolution de l'activité le long du papier en cours d'expérience à l'aide de trois compteurs placés l'un en face du point de dépôt, le second à 6 cm de cette position et le troisième à 11 cm. La figure 4 indique la variation de l'activité en fonction du temps au point de dépôt. Le francium en équilibre avec l'actinium est rapidement élué et l'activité diminue jusqu'à une valeur constante (équilibre entre la formation et l'élution du francium) puis, après arrêt de la chromatographie, remonte jusqu'à la valeur initiale avec la période de l'actinium K.

A la position 6 cm (*fig.* 5) après un maximum (qui correspond à AcK accumulé dans Ac) on a encore un palier de même valeur que celle observée à la position zéro. Après arrêt de la chromatographie, l'activité décroît avec la période de l'actinium K.

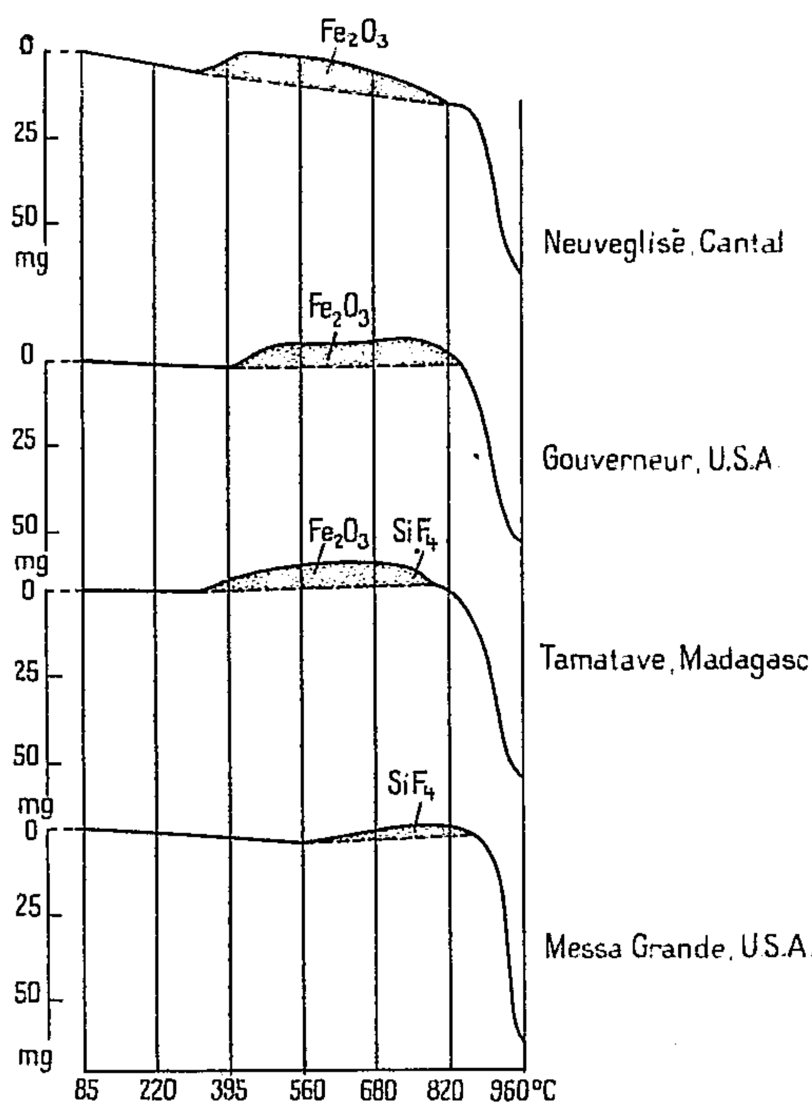
L'évolution à la position 11 cm présente la même allure, le maximum a décru et le palier garde toujours la même valeur. La constance du palier tout le long de la bande est une preuve de la pureté de l'actinium (s'il restait de l'AcX le palier serait plus élevé à la position 0); elle montre également qu'il y a une certaine rétention du francium (de l'ordre de 20 % de la quantité à l'équilibre) dépendant des conditions expérimentales [3].

([3]) L'étude cinétique de ces chromatographies sera publiée en détail par ailleurs.

Du point de vue pratique pour obtenir du francium pur sans entraîneur, il suffit de faire une chromatographie pendant 10 mn d'un produit actinifère en équilibre avec le francium. Le francium est extrait de la partie inférieure du papier par immersion dans l'eau. Une source continue de francium peut être obtenue en maintenant la chromatographie, sa valeur correspond à celle du palier (*fig.* 4 et 5).

MINÉRALOGIE. — *Analyse des tourmalines noires à l'aide de la microbalance de Chevenard.* Note (*) de M. **Constantin Kurylenko**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'étude de la déshydratation des tourmalines noires à l'aide de la microbalance de Chevenard accuse une *augmentation de poids* à partir de 410-430°C (*fig.* 1). Cet accroissement se termine vers 760-780°C. Puis la déshydratation reprend sa marche normale jusqu'à 960-970°C. Le produit obtenu est l'hématite (décelée aux rayons X) formée selon la réaction : $4\,Fe^{+2} + 3\,O_2 = 2\,Fe_2O_3 + q^{cal}$.



Chauffées jusqu'à 960°C, les tourmalines noires de Neuvéglise du Cantal pulvérisées (tamis 300) deviennent rouge ocre, tandis que celles du Gouverneur (U. S. A.) restent rouge grisâtre. La tourmaline noire de Tamatave de Madagascar forme une boule spongieuse (olive clair) et creuse, tandis que

(*) Séance du 15 novembre 1954.

la rubellite de Messa grande (U. S. A.) offre une masse compacte (bleu pâle) coupée de fissures assez profondes. Il semble qu'un produit volatil a provoqué la formation de la masse spongieuse.

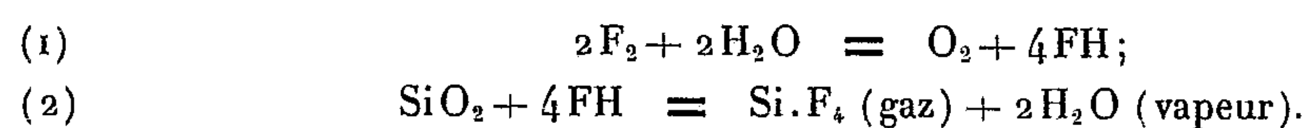
Si l'on considère la composition chimique pour chaque système de points homologues du groupe de recouvrement $C_{3v}^5 - R\,3m$, on constate l'existence de lacunes et de désordre dans la répartition des atomes (tableau I).

TABLEAU I.

Points homologues du groupe $C_{3v}^5 - R\,3m$.

3 (*a*).	9 (*b*).	18 (*c*).	Observations.
$3(M^{+1})$? $3(OH)^{-1}$	$9(OH)^{-1}$ $9(BO_3)^{-3}$ $6\,Fe^{+2}$ $3\,M^{+2}$ 9 Désordre	$18\binom{(Al^{+3})}{(M^{+3})}$ $18(SiO_3)^{-2}$ Désordre	Neuvéglise (Cantal)
$1\,Na^{+1}$ $3(OH)^{-1}$ $1\,Fe^{+2}$ 2 Lacunes Désordre	$9(OH)^{-1}$ $9(BO_3)^{-3}$ $9\,Mg^{+2}$	$16\,Al^{+3}$ $18(SiO_3)^{-2}$ $\frac{3}{2}M^{+4}$ $17\frac{1}{2}$ Lacunes Désordre	Gouverneur U. S. A.
$\frac{3}{2}Na^{+1}$ $\frac{3}{2}(OH)^{-1}$ $\frac{1}{2}K^{+1}$ $\frac{1}{2}F^{-2}$ 2 2 Lacunes, Désordre	$9(OH)^{-1}$ $9(BO_3)^{-3}$ $1\,Ca^{+2}$ $3\,Fe^{+2}$ $5\,Mg^{+2}$ 9 Désordre	$15\,Al^{+3}$ $18(SiO_3)^{-2}$ $3\,Fe^{+3}$ 18 Désordre	Tamatave, Madagascar
$1\,Na^{+1}$ $\frac{5}{2}(OH)^{-1}$ $2\,Li^{+1}$ $\frac{1}{2}F^{-1}$ 3 3 Désordre	$9(OH)^{-1}$ $9(BO_3)^{-3}$ $6\,Al^{+3}$ Lacunes	$18\,Al^{+3}$ $18(SiO_3)^{-2}$	Messa Grande, Calif. U. S. A.

Dans la Note précédente (¹), j'avais signalé l'apparition de *silice amorphe* dès 660°C. On peut donc admettre que les tourmalines qui subissent une profonde transformation (oxydation de Fe^{+2}, déshydratation, apparition du fluor et de SiO_2 amorphe) sont le siège des réactions suivantes :



$$2F_2 + 2H_2O = O_2 + 4FH; \quad (1)$$

$$SiO_2 + 4FH = Si.F_4\,(\text{gaz}) + 2H_2O\,(\text{vapeur}). \quad (2)$$

(¹) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 735.

Les produits volatils, en s'échappant, laisseraient la masse spongieuse qu'on observe. La formation de SiF_4 est possible dans le cas de la rubellite de Messa Grande, avec cette différence que la destruction lente du minéral s'amorce vers 630—650° et n'accuse pas de « crochet » vers 830—840°C (cas de la tourmaline de Tamatave).

Enfin, signalons les faits suivants :

1° Grâce aux spectres d'émission des rayons de Röntgen Si $K\alpha_1\alpha_2\alpha_3$, nous obtenons des informations sur la variation de l'état énergétique des électrons K du silicium engagé dans les différentes tourmalines (tableau II).

TABLEAU II.

Tourmalines.	$Si_{K_{\alpha_1\alpha_2}}$.	$Si_{K_{\alpha_3}}$.	Observations.
Lipovaïa, Oural.......	7 104,90 U. X.	7 061,70 U. X.	Rose
Ile d'Elbe............	7 105,95 »	7 061,00 »	Incolore
Madagascar...........	7 106,02 »	7 060,00 »	Rouge cerise
Varuträsk, Suède......	7 105,25 »	7 060,24 »	Verte

2° Le tableau I indique l'apparition des lacunes et du désordre dans l'édifice cristallin des tourmalines. Ce fait se traduit sur les diagrammes du cristal tournant par l'apparition d'un niveau flou, secondaire entre les niveaux 0 et 1. La période de ce niveau secondaire est de l'ordre de 14,2 Å, soit $2\vec{c}_0$ (observée quand on prolonge la pose de 6 à 8 h).

3° On conçoit (tableau I) que l'indice de réfraction des tourmalines, est non seulement fonction des constituants de base (Si, Al, B, OH), mais aussi des éléments secondaires (Li, K, Na, Ca, Mg, Fe, etc.) qui augmentent la réfractivité moléculaire. Il en résulte une variation de l'indice d'une tourmaline à une autre.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de terrains formant barrière à la propagation du métamorphisme et de la granitisation et sur le mécanisme du métamorphisme.* Note de M. **René Perrin**, présentée par M. Charles Jacob.

En 1935, dans la conception sur le métamorphisme par diffusions dans le solide, j'ai émis l'idée que certains terrains, comme quartzites et calcaires, et leur alternance, pouvaient avoir opposé une barrière à la propagation du métamorphisme accompagné d'apports [1]. A la suite d'observations, nous avons, M. Roubault et moi, repris et développé cette idée.

Depuis, nombre d'observations relatives au métamorphisme et à la

(1) R. Perrin, *Ann. des Mines*, octobre 1935.

granitisation ont prouvé la réalité du phénomène. Je citerai parmi les auteurs ayant constaté de tels faits : pour les quartzites : R. Lamotte et P. Routhier (Mont Nimba), A. Hietanen (Finlande), etc.; pour les calcaires : Canet (Anatolie), A. Rivière (Anti Elbrouz), et récemment : G. Destombes et E. Raguin (granitisation limitée à Lys-Caillaonas-Pyrénées entre deux bancs calcaires), E. Guittard (arrêt de la migmatisation au Canigou au contact de calcaires dolomitiques).

Enfin, H. H. Read [2] a proclamé récemment, comme fondamental, le rôle de barrière opposé à la propagation de la granitisation par les quartzites et calcaires. Cette notion a donc acquis droit de cité dans les esprits, parce qu'imposée par les faits. Il est possible d'en déduire des enseignements sur le mécanisme du métamorphisme et de la granitisation. Elle n'est guère compatible avec l'hypothèse, qui est cependant celle de Read, de transports de corps, tels que Na, K, etc. par circulation de solutions à travers des fissures capillaires. On ne voit pas pourquoi quartzites et calcaires seraient spécialement exempts de fissures, et empêcheraient seuls la propagation des solutions vers les terrains situés au-dessus d'eux. Les observations d'A. du Toit sur la calcitisation des dolomies du Transvaal, et d'autres faits prouvent la perméabilité des calcaires au transport d'ions. Une explication d'ordre purement mécanique paraît exclue.

L'effet spécial de barrière ne peut être dû qu'à la nature minéralogique de ces terrains qui se prêtent peu aisément, de par leur composition chimique, à certaines transformations profondes par échanges d'ions alcalins, spécialement potassiques. Si c'est un facteur chimique qui arrête la propagation, c'est que le moteur de celle-ci est chimique, celui que j'ai invoqué puis d'autres auteurs, comme Ramberg, avec moi : la tendance au rétablissement de l'équilibre physicochimique entre les roches profondes et les terrains détritiques : il n'y a pas de granites sous les océans.

Dans les diffusions dans le solide, un moteur est nécessaire pour vaincre les résistances passives aux circulations d'ions, à l'intérieur des cristaux ou le long de leurs joints. Ce moteur, la tendance à la diminution de l'énergie libre totale, c'est-à-dire pratiquement l'exothermie des échanges est, si j'ose m'exprimer ainsi, placé à l'avant du front de propagation. Si celui-ci atteint un terrain de nature telle qu'il n'y ait plus d'exothermie possible, les diffusions stoppent, la propagation s'arrête, à moins que la barrière ne cède en un point du fait des déformations corrélatives au métamorphisme; si quartzites et calcaires sont impurs, la barrière n'est que relative, spécialement pour l'ion Na dans le cas des calcaires.

Puisque les vitesses de diffusion deviennent nulles, quand le moteur

---

([2]) *Alex. du Toit Memorial Lecture*, n° 2; *The Geol. Soc. of South Africa*, Annexe to vol. LIV, 1952.

chimique cesse, il paraît légitime, en réciproque, de penser que ces vitesses ne sont pas uniformes et sont fonction de l'énergie du moteur, comme le prouvent d'ailleurs certains faits expérimentaux (³), ceci à température égale.

Une faible exothermie des échanges doit se traduire par des vitesses de diffusion très petites : est-ce à l'explication de l'étendue souvent limitée des échanges entre strates jointives et de l'exomorphisme faible des roches plutoniques basiques ?

Un regard d'ensemble sur la lithosphère semble prouver que le moteur le plus puissant est l'alcalinisation et surtout la feldspathisation. A l'énergie du moteur s'opposent à température égale, d'une part la résistance par les bâtis aux changements de volume, et d'autre part les résistances passives à la circulation des ions; celles-ci peuvent être plus fortes pour le K que pour le Na du fait de son rayon ionique plus grand, comme l'a envisagé P. Lapadu Hargues, d'où une possibilité de pénétration plus avant du Na, mais à exothermie égale seulement.

Cette existence de terrains formant barrière me paraît ainsi confirmer : 1° que métamorphisme et granitisation résultent de diffsuions dans un milieu stationnaire et non à des transports fluides, ce qui me semblait déjà résulter d'autres considérations antérieurement exposées, telles que l'absence de relation entre les mouvements des différents corps et les solubilités ou volatilités (*cf.* les mouvements de Fe), et l'absence presque générale de grands fronts basiques (⁴); 2° que le moteur est chimique; 3° que les données actuelles ne permettent pas d'avoir une idée quelconque des vitesses de diffusions, en l'ignorance où nous sommes et de l'énergie du moteur et des résistances passives.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence des silicates d'alumine (sillimanite, andalousite, disthène) dans le massif des Aiguilles Rouges (Haute-Savoie).* Note (*) de M. **Jacques Bellière**, transmise par M. Paul Fourmarier.

Le massif des Aiguilles Rouges est constitué, dans sa majeure partie, de gneiss et de micaschistes appartenant au socle de la chaîne des Alpes. Ces roches sont formées de façon générale de quartz, plagioclase, feldspath potassique, biotite et muscovite, auxquels s'ajoute souvent du grenat.

La présente Note a pour objet de signaler la présence dans ces schistes

(³) R. Perrin, *Congrès Géol. Intern. d'Alger*, 6, 1953, p. 43-57.

(⁴) R. Perrin, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1717.

(*) Séance du 15 novembre 1954.

cristallins de trois minéraux dont la composition chimique est identique (Al_2SiO_5), mais qui diffèrent par leur réseau cristallin : la sillimanite, l'andalousite et le disthène.

Toutefois, à une exception près, ces minéraux ne constituent jamais une fraction importante du volume de la roche, mais s'y présentent au contraire de façon toujours plus ou moins sporadique. De plus ils sont en général de très petite taille, au point qu'on ne peut déceler leur présence que sous le microscope, à l'occasion de l'examen de plaques minces. Ils ont donc été déterminés uniquement par leurs caractères optiques. Néanmoins, comme on va le voir, l'andalousite se rencontre parfois en grains de plus grande taille; dans ces cas, il a été possible d'isoler ces grains de la roche et de vérifier leur détermination dans des préparations de poudre, par l'observation du dichroïsme rose-bleu caractéristique.

La *sillimanite* se rencontre de façon relativement fréquente dans le massif, sous la forme de traînées de fibrolite associées aux micas.

L'*andalousite* est beaucoup plus rare.

Le *disthène* est exceptionnel.

J'ai observé ces deux derniers minéraux dans les cas suivants :

a. Certaines bandes de gneiss leucocrate, interstratifiées dans les micaschistes qui affleurent sur les rives du Lac Noir supérieur (région du Lac Cornu), renferment de façon sporadique des grains d'andalousite. Ces grains, de teinte rose violacé, sont généralement de petite taille, mais peuvent atteindre dans certains cas des dimensions allant jusqu'à 2 mm. Ils ne présentent pas de formes cristallographiques propres; ils sont plus ou moins arrondis et transformés à des degrés divers en muscovite, cette transformation s'opérant à partir des clivages de l'andalousite. Une des coupes minces taillées dans ces échantillons a montré la coexistence dans la même roche de l'andalousite et de la fibrolite.

b. Dans la partie supérieure de la vallée de la Pierre à Bérard, à l'Est du col de Salenton, à une altitude de 2 450 m, dans une série de gneiss rubanés, l'andalousite s'est présentée en quantité importante dans une lentille à caractère pegmatoïde d'environ 0,30 × 1 m, enserrée de façon concordante dans la texture feuilletée du gneiss et affectée elle-même d'une légère schistosité. Cette lentille est constituée en majeure partie d'oligoclase, d'andalousite et de grenat, avec un peu de quartz et, accessoirement de la tourmaline et du disthène. L'andalousite se présente en cristaux allongés, de teinte vert bleuâtre, qui atteignent des dimensions de plusieurs millimètres. Sous le microscope, ils se montrent partiellement transformés en muscovite. Le disthène n'existe que sous la forme de quelques grains dispersés, également en voie de muscovitisation plus ou moins avancée. Cette roche, par l'abondance de l'andalousite, constitue une réelle curiosité dans le massif.

c. Enfin le disthène s'est rencontré dans une coupe mince (parmi de nombreuses autres) provenant de la rive Est du Lac Blanc (gneiss biotitique à grain fin), et l'andalousite dans un gneiss hololeucocrate du ravin de Barberine, à proximité du contact du granite de Vallorcine. Il s'agit dans les deux cas de grains isolés, de petite taille (inférieure à 400 μ) et toujours muscovitisés à des degrés divers.

Ainsi les trois minéraux de composition $Al_2 Si O_5$ existent, en faible quantité, au sein des schistes cristallins des Aiguilles Rouges; on observe même la coexistence d'au moins deux de ces trois formes dans la même roche (sillimanite-andalousite et andalousite-disthène), et ce, sans qu'il soit permis de considérer qu'il s'agit d'une transformation d'une forme en une autre, les minéraux observés n'étant pas directement associés ni greffés les uns sur les autres. La présence simultanée du disthène et de l'andalousite dans des roches pegmatitiques qui accompagnent les schistes cristallins a d'ailleurs été signalée, notamment par Lacroix (1) à l'île du Levant et par H. Rosenbusch (2).

D'autre part, l'examen en coupes minces des roches du massif des Aiguilles Rouges révèle très souvent l'existence d'agrégats muscovitiques ou séricitiques, qui apparaissent comme le résultat de la transformation complète d'un minéral disparu. A la lumière des observations exposées ci-dessus, il n'est pas interdit de penser que ce minéral disparu soit précisément le disthène ou l'andalousite, ce qui expliquerait en partie la rareté de ces minéraux dans le massif des Aiguilles Rouges.

GÉOLOGIE. — *Découverte de Graptolites dendroïdes dans le Dinantien de la région de Tinerhir (flanc Nord du Sarho, Anti-Atlas marocain).* Note de M. **Jean Hindermeyer**, transmise par M. Gaston Delépine.

1. L'étude de la série paléozoïque du flanc Nord de la boutonnière précambrienne du Sarho (1) m'a permis d'établir l'existence d'une série dinantienne transgressive et discordante sur le Silurien et le Dévonien. Elle s'étend, en affleurements discontinus, depuis le Sud de Timatraouine (environ 25 km au Sud-Ouest de Tinerhir, feuille Dadès) jusqu'au Ras Sdaff (35 km à l'Est de Tinerhir; flanc Nord de l'Ougnat, feuille Todhra), seul point où le Dinantien ait été jusqu'alors identifié en place dans le sillon pré-africain (2).

---

(1) A. Lacroix, *Minéralogie de la France et de ses colonies*, Paris, 1893-1895.

(2) *Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien*, Stuttgart, 1927.

(1) J. Hindermeyer, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1024.

(2) L. Clariond, *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 62, 1944.

Le Tournaisien a été reconnu en plusieurs points à la base de cette série. Ainsi, au Sud de Timatraouine, des schistes calcareux vert foncé à pendage Nord, reposant en concordance sur les grès ordoviciens, ont livré en particulier dans les dix premiers mètres :

Spirifer tornacensis de Kon., *Sp. konincki* Dew., *Pustula pilosa* I. Thomas, *Spirifer convolutus* Phill., *Spiriferina octoplicata*, *Schizophoria resupinata*, *Schuchertella crenistria* Phill., *Orthis michelini*, *Chonetes hardrensis* Phill., *Munsteroceras* sp., etc. (déterminations G. Delépine).

2. C'est ce niveau qui a donné en outre deux exemplaires de Graptolites dendroïdes, dont voici une description succincte :

Les deux échantillons (*a* et *b*) ne sont pas complets; seule est conservée l'empreinte pyritisée puis oxydée de portions proximales et moyennes du rhabdosome; la sicule fait défaut. Leurs caractères sont communs : rhabdosome buissonnant, formé de branches faiblement divergentes, à division dichotomique inégale; absence totale de dissépiments transversaux entre les branches; les mensurations donnent des valeurs analogues :

	a.	*b*.
Largeur (partielle) du rhabdosome (mm).............	55	45
Hauteur (partielle) du rhabdosome (mm).............	30	55
Épaisseur des branches (mm).........................	0,3 à 0,5	0,3 à 0,5
Écartement des branches sub-parallèles (mm)..........	0,8 à 1	0,9 à 1,1
Distances, le long des branches, entre les points de dichotomie (mm) :		
dans la partie proximale...........................	5 à 7	5 à 9
dans la partie moyenne............................	2 à 5	2 à 4

Aucune hydrothèque n'apparaît conservée le long des branches, oblitérées par une forte oxydation ferrugineuse.

Cependant les caractères du rabdosome (forme générale, mode de croissance apparent, absence de dissépiments) rendent vraisemblable l'attribution de ces deux exemplaires au genre *Dendrograptus*, signalé par ailleurs dans la faune de Graptolites dendroïdes du Marbre noir de Denée (Viséen inférieur) ([3]).

3. Un troisième exemplaire de Dendroïde, d'un type différent, se situe dans la même coupe au Sud de Timatraouine, à environ 40 m au-dessus de la base des schistes verts, dans un niveau viséen inférieur à *Daviesiella* ex. gr. *comoides*, *Spirifer bisulcatus*, *Chonetes longispinus* Roemer, *Ch. Schmiereri* Paeckelmann, *Productus fimbriatus* Sow., *Pr. interruptus*, *Pr. semireticulatus*, *Fenestellides* (déterminations G. Delépine).

C'est une forme à rhabdosome flabellé, dont seules sont conservées les parties proximale et moyenne. Les branches sub-parallèles se multiplient par dichotomie à faible fréquence et sont réunies par un réseau serré de dissépiments, perpendiculaires ou sub-perpendiculaires.

Mensurations. — Largeur et hauteur (partielles) du rhabdosome, 45 et 25 mm; épaisseur des branches, 0,2 mm; écartement des branches, 0,5 à 0,7 mm.; distances entre les dissépiments transversaux, 1,5 à 2 mm; épaisseur des dissépiments, 0,1 mm.

Aucune hydrothèque n'est conservée le long des branches, dont les empreintes sont remplies d'oxyde de fer. On peut rapporter avec doute cet individu incomplet au genre *Ptiograptus* Ruedemann, sans exclure des affinités avec les genres *Dictyonema* et *Callograptus*.

4. Enfin, un quatrième exemplaire de Dendroïde, non encore étudié, a été trouvé, dans les schistes gréseux de base du Ras Sdaff, à un niveau situé à la limite du Tournaisien et du Viséen inférieur, avec notamment *Daviesiella comoides* Sow., et *Schizophoria* aff. *resupinata*, *Syringothyris cuspidata*, *Athyris glabristria*.

C'est précisément le niveau du Marbre noir de Denée d'où provient la très belle faune de Graptolites dendroïdes étudiée et figurée par G. Ubaghs ([3]).

Ainsi, le Dinantien de la région de Tinerhir est un nouvel exemple — le premier, à notre connaissance, en Afrique du Nord — de la persistance jusqu'au Carbonifère de ce groupe de Graptolites, dont des restes, outre le gisement de Denée, ont été signalés depuis longtemps, à différents niveaux du Dinantien, en Angleterre, à l'île de Man, et dans le « Chouteau limestone » aux U.S.A. ([4]).

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Sur l'analyse d'aimantations fossiles par action de champs magnétiques alternatifs*. Note de M. **Émile Thellier** et Mlle **Francine Rimbert**, présentée par M. Charles Maurain.

Alors que la prospection des aimantations rémanentes des roches volcaniques ou sédimentaires et des terres cuites, témoins possibles du champ terrestre ancien, s'intensifie sur tout le Globe, un problème essentiel reste assez négligé en paléomagnétisme : celui des différences probables entre les aimantations actuelles mesurées et les aimantations originelles. Par exemple, l'aimantation thermorémanente (ATR) initiale d'une roche éruptive (supposée non réchauffée depuis sa venue, pour prendre un cas simple) peut avoir été modifiée par addition d'aimantations rémanentes isothermes acquises, à la température ordinaire, soit par action brève de champs relativement forts dus à des courants de foudre (ARI instantanée), soit par lent traînage dans le champ terrestre au cours des temps (ARI de viscosité). Or l'étude expérimentale ([1]) et théorique ([2]) de leurs propriétés montre que ces aimantations peuvent rester séparables et elle incite à essayer une analyse par action de champs alternatifs auxquels l'ATR pourrait être insensible jusqu'à une certaine limite et les ARI très sensibles.

([3]) G. Ubaghs, *Bull. Mus. R. Hist. Nat. Belgique*, 17, n° 2, 1941, p. 1-30.

([4]) R. Ruedeman, Pt. II, *N. Y. State Mus., Mém.* 11, 1908.

([1]) E. Thellier, Publications antérieures et *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 205-218.

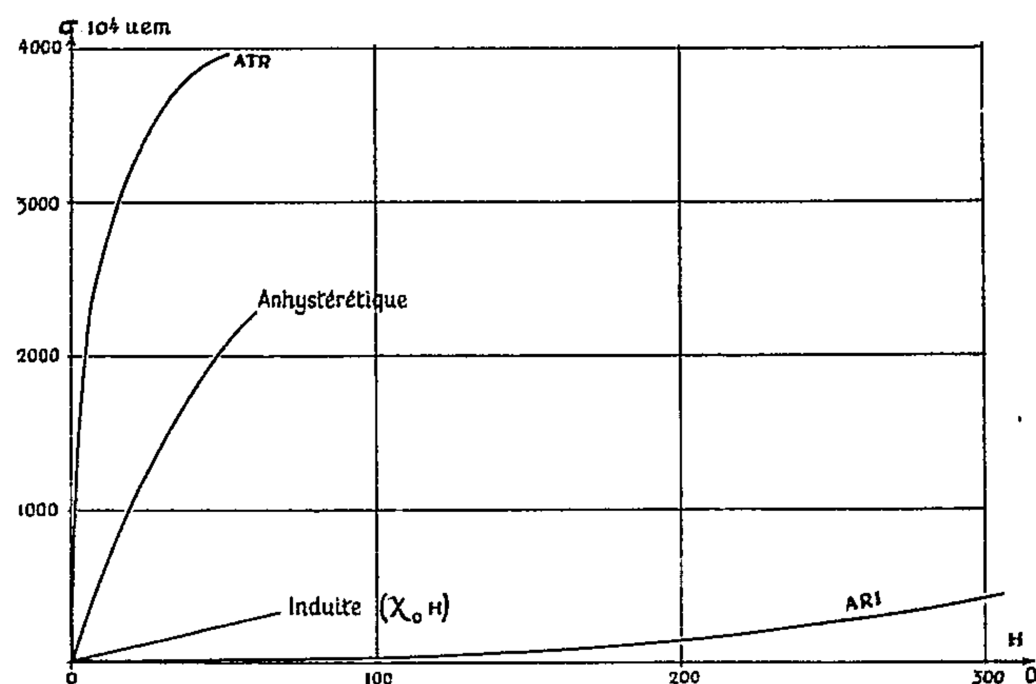
([2]) L. Néel, *Ann. Géophys.*, 5, 1949, p. 99-136.

Nous avons entrepris une étude étendue de la désaimantation par des champs alternatifs (dont on fait décroître l'intensité d'une valeur donnée jusqu'à zéro) sur les diverses sortes d'aimantations, séparées ou additionnées, que peuvent porter soit des corps définis comme le sesquioxyde de fer et la magnétite, soit des terres cuites ou des roches. Nous voudrions seulement appeler l'attention sur deux difficultés techniques qui semblent avoir jusqu'ici un peu dérouté les géomagnéticiens.

La première difficulté est bien connue dans les expériences de désaimantation de ferromagnétiques forts; on sait que pour obtenir des résultats cohérents et reproductibles et, en particulier, pour amener l'aimantation technique à une valeur exactement nulle, il faut faire décroître les champs alternatifs utilisés de façon très continue, le moindre à-coup dans cette décroissance provoquant des rémanences parasites capricieuses. Pour y parvenir, un montage assez compliqué est nécessaire dont la réalisation se trouve difficile dans le cas des roches et des terres cuites où l'on doit atteindre des champs dépassant un millier d'œrsted. Nous avons tourné cette difficulté très simplement : l'objet étant placé au centre d'une bobine donnant un champ alternatif constant connu, on l'en retire progressivement suivant l'axe de la bobine, jusqu'à l'amener en champ nul. Dans ces conditions, bien que le champ alternatif, au cours du déplacement, ne soit pas le même aux différents points de l'objet, au même instant, les conditions de la désaimantation restent bien définies et uniformes; en effet, les corps étudiés étant très mauvais conducteurs et ayant des champs démagnétisants de forme négligeables, par suite de la faiblesse de leurs aimantations, chaque parcelle de l'objet se trouve en fait autonome et subit au total la même variation continue du champ alternatif depuis la valeur (non modifiée par la présence de l'objet) de ce champ au centre de la bobine jusqu'à zéro.

La deuxième difficulté est un peu plus sournoise : elle vient de l'aimantation anhystérétique provoquée par le champ terrestre au cours des essais en champ alternatif. Là aussi, on sait qu'un ferromagnétique fort soumis à un champ alternatif décroissant, en présence d'un champ continu fixe H, garde une rémanence σ, fonction uniforme de H et de l'intensité initiale du champ alternatif. L'expérience nous ayant montré que, pour les roches et les terres cuites, ces « rémanences anhystérétiques » étaient relativement très fortes pour un champ H aussi faible que le champ terrestre, nous avons étudié systématiquement les lois de leur acquisition. Disons seulement que, pour H donné, σ croît avec l'intensité maximum du champ alternatif pour atteindre une valeur limite σ_m proportionnelle à H pour les valeurs faibles de H; le rapport σ_m/H, sorte de susceptibilité de rémanence, étant beaucoup plus grand que la susceptibilité χ_0, proprement dite, du corps. La figure ci-jointe donne comme exemple, pour un échantillon constitué par de la magnétite en grains fins dispersée au taux de 1 % dans une substance non magnétique, le début des

courbes de variation de l'aimantation spécifique, en fonction du champ H continu magnétisant, pour les aimantations ARI, induite, anhystérétique et ATR.



On voit que le mécanisme anhystérétique est presque aussi efficace que le mécanisme ATR et, dans les champs faibles, beaucoup plus efficace que le mécanisme ARI. L'étude de la stabilité de ces aimantations montre, d'autre part, que les propriétés de l'anhystérétique sont beaucoup plus proches de celles de l'ATR que de celles de l'ARI. La conséquence de ces faits est capitale au point de vue de la technique de l'analyse des aimantations : il faut que les champs alternatifs désaimantants agissent en l'absence de tout champ continu, c'est-à-dire dans un espace où l'on aura compensé soigneusement le champ magnétique terrestre.

Ces précautions étant prises (continuité dans la décroissance de l'intensité du champ alternatif, suppression du champ terrestre), nous obtenons des résultats exactement reproductibles et, en particulier, des désaimantations exactes, quel que soit le type d'aimantation : ATR, ARI, anhystérétique provoquée volontairement, et superposition de telles aimantations.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des doses croissantes de rayons* X *sur les graines de* Lycopersicum esculentum *Mill.* Note (*) de Mlle **Marcelle Lefort**, présentée par M. Roger Heim.

Chez *L. esculentum*, les graines dormantes sont quatre à cinq fois plus résistantes aux rayons X que les graines préalablement trempées. Si l'on admet une relation entre les modifications obtenues sur les plantules et l'action mutagène du rayonnement, les doses utilisables doivent se situer entre 5 000 et 15 000 r sur les graines trempées et 20 000 et 40 000 r sur les graines dormantes.

En vue d'étudier l'action mutagène des rayons X sur *L. esculentum*,

(*) Séance du 8 novembre 1954.

nous avons réalisé un certain nombre d'expériences préliminaires afin d'avoir une idée des doses utilisables et des conditions de traitement.

A cet effet, nous avons fait agir des doses croissantes de rayons X sur des graines de la variété « San Marzano » (variété fixée), soit sèches (teneur en eau équilibrée avec l'humidité atmosphérique), soit préalablement trempées pendant 24 h dans de l'eau distillée à 20°. Deux lots de graines n'ont pas subi de traitement et ont servi de témoins. Les doses ont été : 15 000, 25.000, 35 000, 40 000 r pour les graines sèches et 5 000, 15 000, 25 000 r pour les graines trempées. Ces irradiations ont été pratiquées sous 200 kV, 10 mA, écran 2 Al, à une distance de 30 cm.

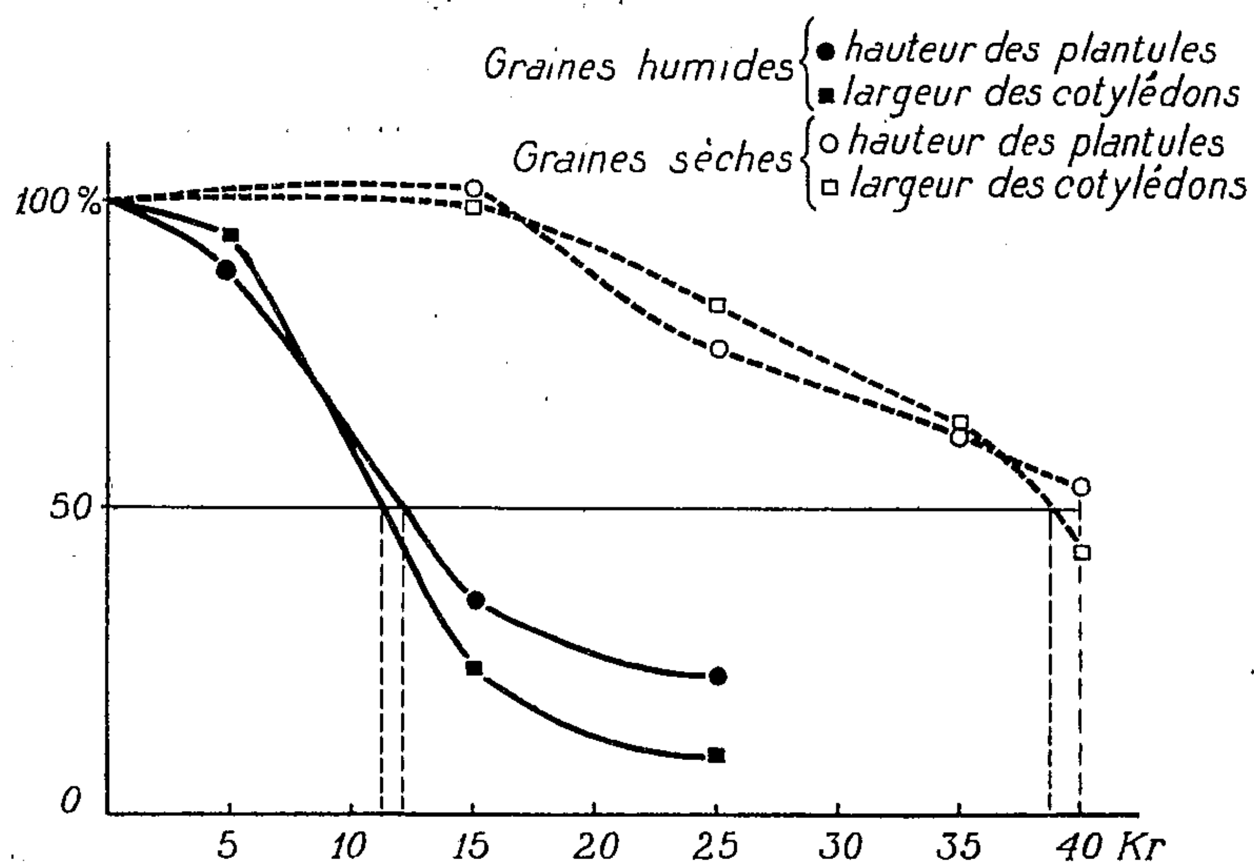
Les traitements ont provoqué, au moins dans un certain nombre de cas, une diminution de la fréquence de germination ou de la survie des plantules et des modifications importantes dans la morphologie de celles-ci, en particulier un raccourcissement de l'hypocotyle (mesuré par la distance entre le collet et la base des feuilles cotylédonaires) et une diminution de la largeur des feuilles cotylédonaires. Ces dernières modifications ne sont pas les seules que nous avons pu observer en première génération, mais elles sont facilement détectables et mesurables. Nous avons donc pu faire à ce sujet une étude quantitative en relation avec l'échelle des doses utilisées.

Les résultats sont groupés dans le tableau.

	Graines sèches.					Graines humides.			
	Témoin.	15 Kr.	25 Kr.	35 Kr.	40 Kr.	Témoin.	5 Kr.	15 Kr.	25 Kr.
Germination (%)....	81	75,6	76,4	76,2	73	80	79,2	73,6	62,4
Survie (%) (parmi les graines germées)....	100	97	94	97	83	100	98	68	1,3
Hauteur des plantules, 21 jours après les semis (mm).......	33,0	34,0	25,0	20,7	18,0	34,3	30,7	12,2	8,0
Largeur des cotylédons (mm).......	6,26	6,22	5,25	4,00	2,60	6,20	5,95	1,49	0,66

Les pourcentages de germination et de survie ont été calculés sur 500 graines pour chacun des traitements réalisés; les mesures des hauteurs de l'hypocotyle et des largeurs des cotylédons ont porté, dans chaque cas, sur 50 plantules. La lecture du tableau montre que le pourcentage de germination n'est que peu affecté par l'irradiation quelle que soit la dose employée. Il en est de même du pourcentage de survie des plantules issues de graines non trempées; au contraire, la diminution du pourcentage de survie est très nette et rapidement croissante avec la dose quand il s'agit de graines humides, 25 000 r représentant dans ces conditions une dose presque léthale.

Les deux autres caractères étudiés, longueur de l'hypocotyle et largeur des feuilles cotylédonaires, paraissent dans tous les cas beaucoup plus sensibles à l'action des radiations et d'autant plus que les doses utilisées sont plus élevées. Cette relation apparaît d'ailleurs encore plus clairement si, à l'aide des résultats obtenus, on construit un graphique (*fig.* 1) où sont portées en abscisses les doses utilisées en Kr et, en ordonnées, les mesures effectuées rapportées à celles des témoins correspondants.



On vérifie à nouveau sur ces courbes, et ceci pour toutes les doses employées, que les graines préalablement trempées sont beaucoup plus sensibles aux rayons X que les graines sèches; une dose de 10 000 r suffit, sur graines trempées, pour diminuer de 50 % la croissance des plantules, alors que pour obtenir le même résultat sur graines sèches, il est nécessaire d'employer des doses quatre à cinq fois plus élevées. Il est assez curieux de noter que ce rapport de sensibilité 1/4 ou 1/5 a déjà été trouvé dans des conditions identiques chez d'autres Végétaux, en particulier chez l'Orge, bien que la sensibilité générale de cet organisme aux rayons X soit pourtant très inférieure à celle de la tomate ([1]), ([2]).

Les différences de réaction entre plantules issues de graines sèches et préalablement trempées ne doivent pas être simplement imputées à la différence de teneur en eau des graines au moment de l'irradiation. En effet, l'action des radiations sur des graines dont la teneur en eau est équilibrée avec des atmosphères plus ou moins riches en vapeur d'eau est d'autant

([1]) L. Ehrenberg, A. Gustafsson et N. Nybom, *Botaniska Notiser*, 1952, p. 343-363.

([2]) A. Gustafsson, *Hereditas*, 30, 1944, p. 165-168.

plus importante que le pourcentage d'humidité est plus faible ([3]). Cette contradiction des résultats n'est sans doute qu'apparente; le trempage des graines, 24 h avant le traitement, entraîne évidemment des modifications importantes dans les activités métaboliques de la graine dont certaines peuvent conduire à une augmentation de la sensibilité aux rayons X.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence du milieu de culture sur l'activité oxydasique du mycélium et des rhizomorphes d'Armillariella mellea.* Note de M[me] **Micheline Jacques-Félix** et M[lle] **Gilberte Legrand**, présentée par M. Roger Heim.

L'activité oxydasique de l'*Armillariella mellea* de France en culture artificielle varie suivant le milieu nutritif offert au champignon. Le mycélium aérien et les rhizomorphes développés sur carotte présentent une forte activité de crésolase, tandis que sur banane cette activité est négligeable.

Des tubes de Roux contenant des fragments de carotte ou de banane ont été ensemencés à la même date avec du mycélium de *Clitocybe* (*Armillariella*) *mellea* de France développé sur milieu de maltea à 2 %, et déposés à l'étuve à 24°. L'aspect morphologique des cultures âgées de 24 jours était différent sur carotte et sur banane, surtout en ce qui concerne les rhizomorphes. Blancs, larges et aplatis sur carotte, ils étaient en général arrondis et plus foncés sur banane. Par ailleurs, les rhizomorphes de l'Armillaire cultivée sur carotte (*Arm. C*) se coloraient rapidement en orangé au contact du *p*-crésol, alors que ceux de l'Armillaire cultivée sur banane (*Arm. B*) ne présentaient pas ce phénomène. Cette remarque montrait que les différences entre les deux cultures n'étaient pas uniquement du domaine de la morphologie.

Nous avons donc étudié la teneur en oxydases, sur les deux milieux cités et à des âges différents, d'une part du mycélium aérien formé d'hyphes libres et de la croûte brune sous-jacente, d'autre part des rhizomorphes. Pour chaque expérience, à partir de cultures de même âge et aussi bien développées, des extraits enzymatiques ont été préparés en broyant au mortier avec 5 cm^3 d'eau bi-distillée 500 mg de mycélium aérien ou de rhizomorphes débarrassés du milieu de culture et séchés dans un papier filtre. Après centrifugation (10 mn à 3000 t/mn) l'activité enzymatique a été mesurée dans la phase liquide par la technique de Warburg.

L'*Arm. C* possède une forte activité de crésolase. Elle oxyde également le pyrocatéchol, mais dans ce cas l'enzyme est très rapidement inhibé par la quinone formée. L'hydroquinol et le gaïacol ne sont pas oxydés. Dans toutes

([3]) M. Lefort et L. Ehrenberg, *Arkiv für Botanik* (sous presse).

les expériences l'activité enzymatique des rhizomorphes est un peu plus forte que celle du mycélium aérien.

L'*Arm. B* n'oxyde aucun de ces phénols. Une très légère activité vis-à-vis du *p*-crésol a pu cependant être décelée dans les cultures plus âgées, mais elle est négligeable par rapport à celle qu'on observe chez l'*Arm. C* de même âge.

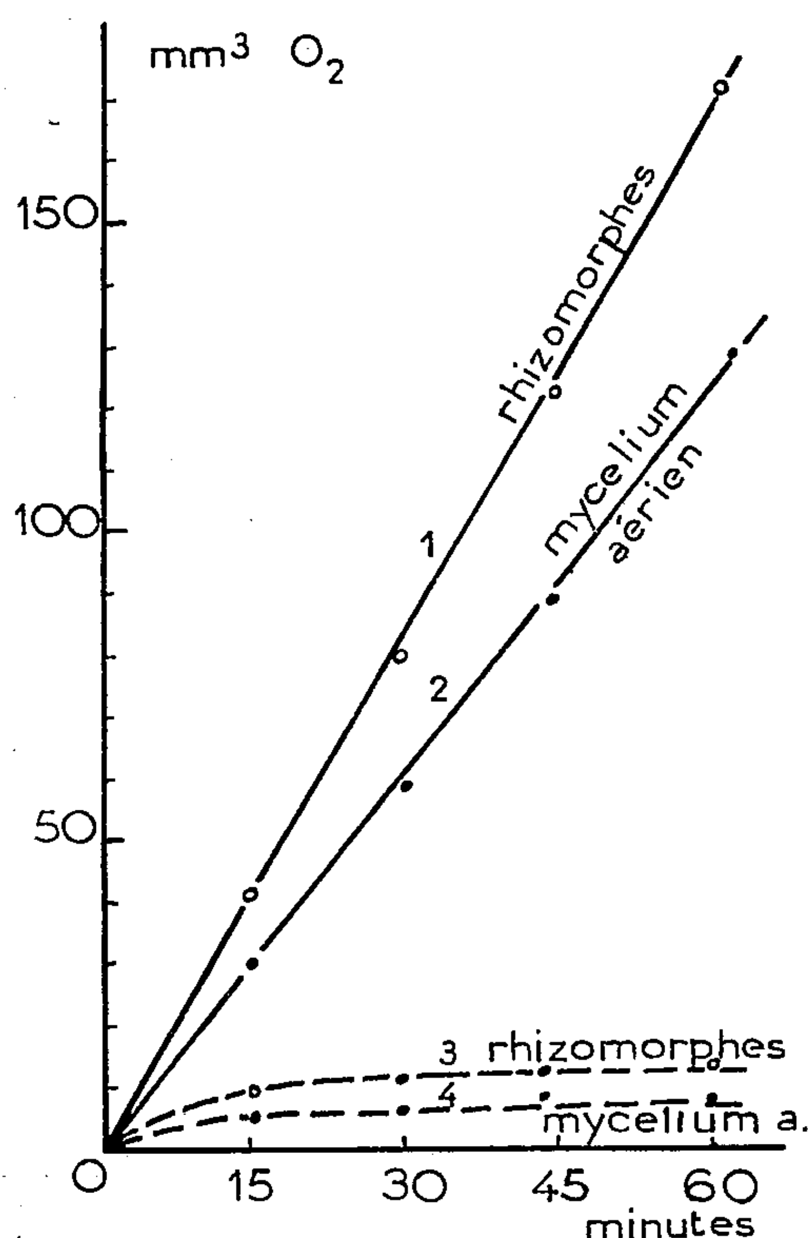


Fig. 1.

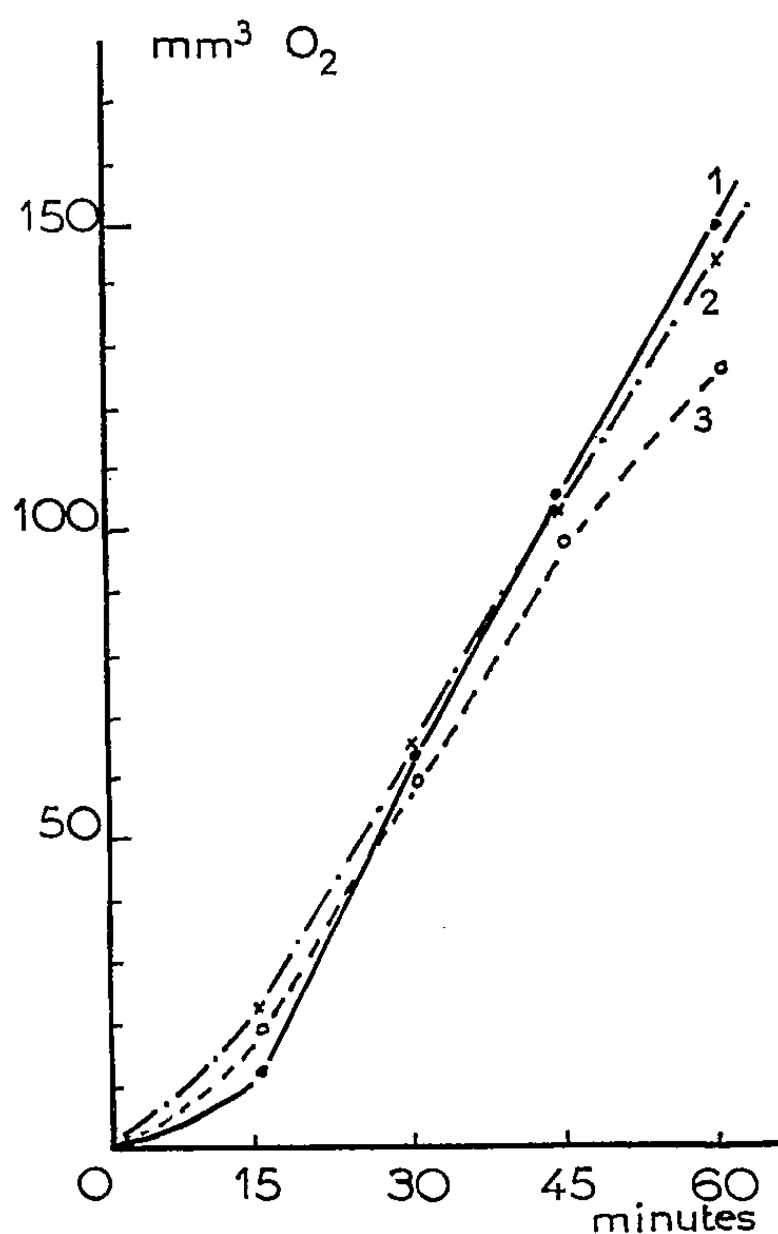


Fig. 2.

Fig. 1. — Oxydation du *p*-crésol par l'*Arm. C* (1 et 2) et l'*Arm. B* (3 et 4). Chaque fiole contient : 2 cm³ de tampon phosphate M/15, 0,5 cm³ d'extrait enzymatique, 0,5 cm³ de sol. phénolique M/20, 0,2 cm³ NaOH N (godet central) pH = 5,3; $t^0 = 25^0$.

Fig. 2. — Action des extraits de banane sur l'oxydation du *p*-crésol par les rhizomorphes d'*Arm. C*. Mêmes conditions expérimentales qu'à la fig. 1 : 1, extrait enzymatique; 2, extrait enzymatique + 0,2 cm³ d'extrait de banane stérilisée; 3, extrait enzymatique + 0,2 cm³ d'extrait de banane stérilisée sur laquelle s'est développée l'Armillaire.

Signalons que l'*Arm. B* constitue, pour le moment du moins, un cas exceptionnel. Les cultures d'Armillaires sur d'autres milieux, que nous avons examinées aux cours de ces recherches, contenaient de la crésolase.

Ce manque d'activité oxydasique chez l'*Arm. B.* pourrait être imputé à la présence d'un facteur inhibiteur de l'enzyme existant dans la banane ou s'y développant pendant la croissance du champignon. Il n'en est rien. En effet, l'extrait de banane stérilisée ayant servi ou non de milieu de culture, ajouté à la préparation enzymatique, ne modifie pas l'absorption d'oxygène par une

préparation d'*Arm. C* en présence de *p*-crésol (*fig.* 2). Par ailleurs, les extraits d'*Arm. B.* n'oxydent ni le pyrocatéchol, ni l'hydroquinol; leur manque d'activité vis-à-vis du *p*-crésol ne peut donc être attribué à l'absence d'un *o*-diphénol qui, oxydé par la catécholase, produirait l'oxydation du *p*-crésol [1].

On doit donc conclure que l'inaptitude manifestée par l'Armillaire cultivée sur banane à oxyder le *p*-crésol est due à l'absence de crésolase. Il est vraisemblable que l'organisme ne trouve pas dans le milieu de culture tous les constituants indispensables à la biosynthèse de l'enzyme.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *De quelques relations entre des modifications morphologiques et des changements métaboliques obtenus chez des champignons par la restriction en azote d'un milieu de culture plus ou moins aéré.* Note de M. **Philippe Jacques Luteraan**, présentée par M. Roger Heim.

Un ravitaillement restreint en azote limite la croissance, mais entraîne aussi des modifications morphologiques qui sont parfois considérables : 1° il y a, à la fois, accentuation de la migration habituelle du cytoplasme à l'extrémité distale des éléments végétatifs et élongation de ces derniers; à mesure qu'ils sont abandonnés par le cytoplasme, il se forme des enclaves lipidiques en amont de celui-ci et les membranes, abondantes, peuvent se pigmenter; les traces du passage du cytoplasme au travers de cette masse d'éléments végétatifs subsistent sous la forme de chlamydospores; 2° le développement qui se faisait en surface se poursuit lentement vers la profondeur, comme si le cytoplasme se dérobait à l'oxygène, cependant que les éléments immergés continuent de présenter les mêmes caractères que lors du développement en surface. Certains champignons prennent facilement, dès le quatrième jour, un type de développement immergé, même sur milieux équilibrés en azote; ils paraissent, de ce fait, peu exigeants en oxygène et chez eux la restriction en azote accentue peu les phénomènes morphologiques déjà observés normalement; c'est le cas, par exemple, de *Geotrichum candidum*, Adélomycète arthrosporé et polynucléé. Au contraire, *Pullularia pullulans*, Dématiée polymorphe et exigeante en oxygène, s'immerge sous l'action d'une restriction en azote et les modifications morphologiques correspondent à la description donnée ci-dessus.

Nous avons recherché si à des différences aussi profondes dans les réactions morphologiques de ces deux champignons correspondent des modifications de comportement métabolique que peuvent nous révéler les différences de récolte, leur teneur en azote et la consommation de glucose. Nous avons vu, d'après les modifications morphologiques consécutives à la restriction en azote, que

---

(1) Adams et Nelson, *J. Amer. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 2474.

l'organisme réagit en même temps à l'action de l'oxygène. Aussi avons-nous fait varier de façon concomitante ces deux facteurs : concentration en azote du milieu et ravitaillement en oxygène. Le sulfate d'ammonium est employé aux concentrations en azote de N/18,75 (milieu équilibré) à N/150. On fait varier le ravitaillement en oxygène en agitant ou non des Erlenmeyer de 300 cm³ contenant 50 cm³ de milieu où la concentration initiale du glucose est M/7,5.

TABLEAU I.

Geotrichum candidum. (Durée de culture : 4 jours.)

Concentration en azote.	Agitation. Poids sec (mg).	Azote total %.	Glucose consommé / Azote total.	Sans agitation. Poids sec (mg).	Azote total %.	Glucose consommé / Azote total.
N/18,75......	113	6,7	56	114	6,4	55
N/37,5.......	115	6,8	46	107	6,4	58
N/75.........	91	7,0	47	85	6,9	57
N/150........	79	6,4	40	73	5,8	53

Sur milieux non agités le voile a partout une apparence immergée sans anneau. La teneur en azote du champignon, dans toutes les conditions, se montre élevée et le rapport glucose consommé/azote total reste bas; il s'abaisse encore dans les cultures aérées lorsque la déficience en azote est très prononcée. Dans aucun cas il ne semble y avoir de modification sensible du comportement métabolique du champignon; un large apport azoté améliore, de peu d'ailleurs, l'importance de la récolte.

TABLEAU II.

Pullularia pullulans (Durée de culture : 7 jours).

Concentration en azote.	Agitation. Poids sec (mg).	Azote total %.	Glucose consommé / Azote total.	Sans agitation. Poids sec (mg).	Azote total %.	Glucose consommé / Azote total.
N/18,75......	261	4,9	94	114	5,9	135
N/37,5.......	223	5,0	107	115	5,6	140
N/75.........	178	4,3	147	120	5,6	138
N/150........	118	3,7	179	108	4,3	178

1° Avec des milieux équilibrés en azote, un bon ravitaillement en oxygène augmente la croissance qui se fait alors avec une consommation moindre de glucose. 2° L'aération accentue les effets de la restriction en azote : dans ce cas, la croissance est relativement plus vite freinée, la teneur en azote du champignon plus vite abaissée, le rapport glucose consommé/azote total s'élève fortement et plus vite que le rapport glucose consommé/poids sec et, enfin, il y a production de pigments mélaniques fixes et diffusibles. 3° Lorsque le ravitaillement insuffisant en oxygène limite la croissance, les rapports glucose

consommé/azote total et glucose consommé/poids sec ainsi que les teneurs en azote sont partout élevés; ce sont là des indices physiologiques d'une activité migratrice moins grande du cytoplasme et d'une édification moins importante de membranes que lorsque le ravitaillement en oxygène est convenable.

Ainsi, la confrontation des modifications de forme et de quelques modifications biochimiques entraînées par la restriction en azote du milieu avec un ravitaillement en oxygène variable montre : 1° que le type métabolique des deux champignons étudiés est distinct; 2° qu'il existe des rapports entre les modifications de forme et les modifications biochimiques étudiées : chez *Geotrichum candidum*, les effets d'une restriction en azote sur la morphogénèse sont relativement faibles, cet organisme a une tendance spontanée à l'immersion et parallèlement il est peu sensible, au point de vue biochimique, à des différences tant de concentration en azote du milieu que de ravitaillement en oxygène; au contraire, chez *Pullularia pullulans*, les modifications morphologiques obtenues et notamment l'activité migratrice accrue du cytoplasme sous l'effet d'une restriction en azote sont d'autant plus importantes que les conditions d'aération sont meilleures; parallèlement il se produit des modifications importantes du comportement métabolique, révélées par les variations de la teneur en azote et de la consommation de glucose.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur la relation entre la structure chimique et l'activité phytocide de différents sels, esters et autres dérivés de l'acide monochloracétique.* Note de M. **Pierre Poignant**, présentée par M. Raoul Combes.

L'acide monochloracétique, ses sels alcalins et phénylesters sont les plus actifs; les autres esters de la série aromatique sont moins toxiques, quoique eux-mêmes supérieurs aux esters de la série cyclohexane. Les alkyl-esters ne possèdent qu'une activité très faible, sauf s'ils contiennent eux-mêmes un halogène ou une double liaison.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré que divers acides organiques ou leurs sels, appartenant à la série grasse et possédant un groupement électronégatif en α du carboxyle étaient phytocides sur la dicotylédone choisie comme plante-test (le Rutabaga, *Brassica Napo-campestris* D. C.) tandis que leurs alkyl-esters ne présentaient aucune activité jusqu'à la concentration d'essai la plus élevée (40 000 p. p. m.).

C'est pourquoi nous nous sommes proposés de rechercher, à partir d'un acide simple de cette classe de substance, l'acide monochloracétique, si l'activité phytocide était liée à la nature des esters et dans quelle mesure. Nous

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 822.

avons donc examiné différents esters alkyliques et aryliques et certains autres dérivés.

C'est en 1951, que nous avons mis en évidence les propriétés herbicides de l'acide monochloracétique et de divers dérivés, indépendamment de Zimmerman et Hitchcock [2], [3].

Protocole expérimental. — Rappelons [1] que le traitement a été appliqué sur des plantules de Rutabaga et de Blé cultivées en mélange, sous forme de pulvérisation très fine apportant 10 cm^3 de dilution par terrine de 625 cm^2. L'activité des produits sur Rutabaga a été estimée en précisant à la fois la concentration phytotoxique la plus élevée et la concentration phytocide la plus faible (dans une gamme en progression géométrique de raison 1/2. La phytotoxicité éventuelle sur blé a été aussi notée. Les résultats sont exprimés en parties par million (p. p. m.); la concentration la plus forte essayée a été de 80 000 p. p. m.

Résultats. — Ils sont consignés dans le tableau et mettent en évidence les points suivants :

a. L'acide monochloracétique et ses sels d'ammonium et de sodium sont parmi les substances les plus toxiques.

b. Tous les alkylesters sont d'une activité phytocide très faible et ce pour des chaînes carbonées allant de C_1 à C_{16}.

c. Les arylesters de la série du cyclohexane (cyclohexyle, et ses dérivés mono et diméthylés) sont d'une activité intermédiaire entre celle des sels et des alkylesters.

d. Les arylesters simples, de la série aromatique (benzyle, phényle, crésyle) et l'anilide sont d'une activité intermédiaire entre celle des sels et des dérivés cyclaniques.

e. Les phénylesters halogénés sont eux-mêmes plus actifs que le monochloracétate de phényle.

La toxicité est maximum pour le dérivé trichloré en 2.4.5 (625-1250 p.p.m.) tandis qu'elle est égale et un peu plus faible pour les dérivés 2.3.6 et 2.3.4.5.6 (1250-2500 p. p. m). Il est curieux de retrouver une activité physiologique maximum avec le monochloracétate de 2.4.5-trichlorophényle; cette position des substituants sur le noyau confère également des propriétés physiologiques puissantes dans la série des phénols et des phénoxyacétates.

De l'ensemble des présentes données, il semble bien que l'activité phytocide soit liée à la mobilité de l'halogène situé en α du carboxyle. Mais la mobilité d'un halogène est accrue par substitution de groupements électronégatifs dans

---

(2) P. W. Zimmerman, A. E, Hitchcock et H. Kirkpatrick Jr, *Proceed. Northeast. Weed Control Conf.*, New York, 1951, p. 231.

(3) A. E. Hitchcock, P. W. Zimmerman et H. Kirkpatrick Jr, *Proceed. Northeast Weed Control Conf.* New York, 1951, p. 205.

son voisinage. Au contraire, cette mobilité est diminuée par l'addition de radicaux méthyle ou méthylène. C'est ainsi que les esters aliphatiques n'ont qu'une très faible activité phytocide.

La substitution d'un halogène ou d'une double liaison (ester de 2-chloroéthyle et de propylène) fait réapparaître cette activité parce que nous retrouvons la mobilité du Cl.

Tableau sur la relation structure chimique. — Activité phytocide des substances de formule générale $CH_2Cl-COOR$.

(Résultats sur plantules de Rutabaga.)

I. Sels et esters alkyliques.		II. Esters cyclaniques et aryliques.	
Nature de R.	Activité phytocide en p. p. m.	Nature de R.	Activité phytocide en p. p. m.
H	1 250- 2 500	Cyclohexyle	10 000-20 000
Ammonium	2 500- 5 000	Méthylcyclohexyle	10 000-20 000
Sodium	2 500- 5 000	Diméthylcyclohexyle	10 000-20 000
Méthyle	40 000-80 000	Benzyle	5 000-10 000
Éthyle	40 000-80 000	Phényle	5 000-10 000
2-chloroéthyle	5 000-10 000	Dichloro-2.4 phényle	5 000-10 000
2-propyle	40 000-80 000	Trichloro-2.3.6 phényle	1 250- 2 500
Propylène	5 000-10 000	Trichloro-2.4.5 phényle	625- 1 250
n-butyle	40 000-80 000	Pentachlorophényle	1 250- 2 500
Iso-amyle	40 000-80 000	Ortho-crésyle	5 000-10 000
n-octyle	40 000-80 000	Méta-crésyle	5 000-10 000
n-dodécyle	40 000-80 000	Para-crésyle	5 000-10 000
n-hexadécyle	40 000-80 000	Anilide	2 500- 5 000
III. Autres dérivés.			
Amide	2 500- 5 000	Monochloracétylurée	2 500- 5 000
Tétraméthylammonium	> 20 000 (*)	di-(monochloracétate) de glycol	2 500- 5 000
Morpholine	5 000-10 000		

(*) Pas essayé à une concentration supérieure.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Métabolisme du stachyose et du raffinose chez les Crucifères.* Note de M. **Robert Dupéron**, présentée par M. Raoul Combes.

Chez les Crucifères, le stachyose et le raffinose, lorsqu'ils existent, semblent ne se rencontrer que dans les graines. Ils apparaissent, dans celles-ci, lors de la maturation, et se forment, vraisemblablement, aux dépens de l'amidon. Nous avons montré, antérieurement, l'utilisation de ces holosides dès le début de la germination.

Dans une précédente Note [1], nous avons montré la présence du stachyose (tétraholoside) et du raffinose (triholoside) dans de nombreuses graines oléa-

[1] *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1331.

gineuses, appartenant pour la plupart à la famille des Crucifères. Nous avons également observé ([2]) l'hydrolyse et l'utilisation de ces deux holosides dès les premières phases de la germination de ces semences. Ces sucres semblent donc se comporter comme des substances de réserve.

Afin de préciser l'importance du rôle du stachyose et du raffinose chez les Crucifères, nous avons étudié la formation et la répartition de ces holosides, pendant toute la végétation de la Moutarde blanche (*Sinapis alba*) et du Radis (*Raphanus sativus*). A cet effet, nous avons déterminé, par chromatographie sur papier, la nature des glucides solubles présents dans chaque organe, et à tous les stades du développement, depuis la germination jusqu'à la fructification.

Le tableau ci-après, mentionne les sucres rencontrés dans la Moutarde blanche.

Stades de développement.	Organes.	Sucres (*).
Fin de la germination............	Plante entière	S. G. F.
Formation des boutons floraux....	Racines	S. G.
	Tige	S. G. F.
	Feuilles	S. G. F.
Épanouissement des fleurs........	Racines	S.
	Tige	S. G. F.
	Feuilles	S.
	Fleurs	S. G. (traces) F. (traces)
Fructification..................	Racines	S. F.
	Tige	S. G. F.
	Feuilles	S. F.
	Fruits (sans les graines)	S. G. F.

(*) S, saccharose; G, glucose; F, fructose; St, stachyose; R, raffinose.

De ces données, il ressort que le saccharose est présent dans tous les organes et à tous les stades du développement. Le glucose et le fructose se rencontrent fréquemment, principalement dans la tige et les fruits, ces derniers étant particulièrement riches en glucose. Par contre, les chromatogrammes ne révèlent jamais la présence du stachyose ni du raffinose.

Ainsi, de toutes les parties de la plante, seules les semences de Moutarde contiennent du stachyose et du raffinose.

Nous nous sommes donc proposé d'étudier la genèse de ces deux sucres, au cours de la formation des graines.

Dans ce but, des graines ont été prélevées, à l'intérieur des siliques, à différentes phases de la maturation.

Le tableau suivant montre les caractéristiques biochimiques de ces semences, à trois stades successifs de leur maturation :

([2]) *Rev. gén. Bot. Fr.*, 61, 1954, p. 261-285.

	Couleur de la graine.	Hydratation (rapportée à la matière sèche) (%).	Glucides insolubles.	Sucres solubles
1	verte	144	amidon abondant	S. F. (traces), G. (traces)
2	jaune	32	pas d'amidon	S.St.R. (traces), G. (traces)
3	jaune (*)	9	pas d'amidon	S. St. R. G. (traces)

(*) Graines mûres.

La graine immature jeune (stade 1), très hydratée, est riche en chlorophylle et en amidon mais relativement pauvre en graisses. Elle ne contient pas de stachyose ni de raffinose, mais le saccharose y est assez abondant. Dans la suite (stade 2), la chlorophylle et l'amidon disparaissent. Corrélativement, la semence s'enrichit en graisses et le stachyose et le raffinose apparaissent. Ces deux holosides sont, vraisemblablement, synthétisés progressivement, aux dépens de l'amidon. La déshydratation du grain se poursuit, ensuite, jusqu'à maturité complète, sans qu'il y ait de changements biochimiques significatifs dans la graine (stade 3).

Des expériences analogues menées avec le Radis (*Raphanus sativus*) nous ont conduit à des résultats semblables à ceux précédemment exposés : le saccharose est présent dans tous les organes, à tous les stades du développement; le glucose et le fructose sont surtout abondants dans les tubercules jeunes, les fleurs et les fruits; enfin, le stachyose et le raffinose ne se rencontrent que dans les semences.

En conclusion, chez les Crucifères qui contiennent du stachyose et du raffinose, ces deux holosides ne semblent pouvoir être décelés que dans les semences. Ils apparaissent lors de la maturation et se forment, vraisemblablement, aux dépens de l'amidon, abondant dans la graine immature jeune.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Rôle de l'hétéroauxine et de l'hydrazide maléique dans la rhizogénèse des pointes de racines de Carotte.* Note (*) de M. **Paul-Émile Pilet**, transmise par M. Henri Devaux.

La croissance des radicelles de pointes de Carotte, sectionnées longitudinalement, permet de mettre en évidence l'antagonisme physiologique de l'HA et de l'HM. Ces deux corps accélèrent la rhizogénèse à faibles doses et l'inhibent à fortes concentrations mais l'HM lève l'inhibition produite par l'HA.

Nous choisissons des Carottes de 9 cm de longueur environ et coupons leur pointe à 3,5 cm, à partir de leur base. Sectionnés longitudinalement en deux parties égales, ces fragments sont déposés dans des boîtes de Petri [la

(*) Séance du 15 novembre 1954.

face plane contre le papier filtre ([1])]. Pour chaque boîte (S : 73 cm²), on ajoute 5 cm³ d'une solution de Ringer contenant une quantité connue d'hétéro-auxine (HA) ou d'hydrazide maléique (HM) exprimée en molécules par litre. Les boîtes, placées à l'étuve (température : 22° ± 1 ; humidité : 75 % ± 5 ; obscurité), y demeurent 72 h. Après quoi, on évalue l'importance de la rhizogénèse en utilisant la notion d'indice rhizogénique (IR) déjà défini ailleurs ([2]) et que nous adaptons à ce matériel :

$$IR = \frac{SR.SL}{N.30},$$

SR étant le nombre total de radicelles développées sur 30 fragments de la même catégorie, SM la somme de leur longueur et N le nombre total des « bouquets » de radicelles apparues (*fig.* 1).

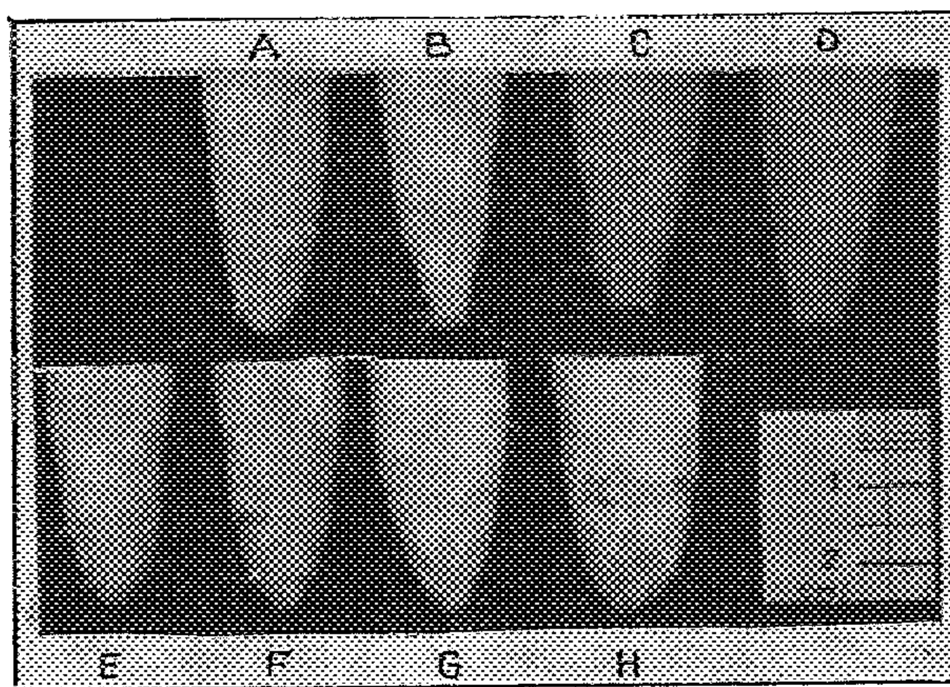


Fig. 1. — Quelques pointes de Carotte après 72 h. Le sens des lettres est donné dans la figure 2.

Les résultats, exposés graphiquement (*fig.* 2), autorisent les remarques suivantes :

1. La rhizogénèse est plus importante à la pointe des fragments.
2. L'HM, seule, provoque à faibles concentrations une accélération de la rhizogénèse [observation en accord avec les résultats antérieurs ([3])] qu'on peut interpréter en rappelant que ce corps entraîne l'activation du péricycle ([4]). A fortes doses, l'HM inhibe la rhizogénèse ; cette remarque peut s'expliquer par le fait que l'HM freine la croissance des racines ([5]).

([1]) Nous utilisons des filtres DURIEX, sans cendres.

([2]) P. E. Pilet, *Rev. gén. Bot.*, 61, 1954, p. 637.

([3]) E. Bertosi, *Atti Istituto bot. Pavia*, 8, 1950, p. 55.

([4]) P. E. Pilet et L. Margot, *Bull. Soc. bot. suisse* (sous presse).

([5]) D. L. Schoene et O. L. Hoffman, *Science*, 109, 1949, p. 588 ; G. Netien et M. Briffaz, *Bull. Soc. lin. Lyon*, 20, 1951, p. 179 ; P. E. Pilet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1430 ; V. Greulach et J. G. Haseloop, *Amer. J. Bot.*, 41, 1954, p. 44.

3. L'HA accélère la rhizogénèse d'autant plus que sa concentration augmente. Mais au-delà de 5.10^{-5} Mol/l, il y a inhibition. La dose trop forte d'HA qui provoque pourtant la division du péricycle, entraîne l'inhibition de croissance des ébauches radiculaire. Ces observations sont en accord avec les résultats récents relatifs à la rhizogénèse auxinique ([6]).

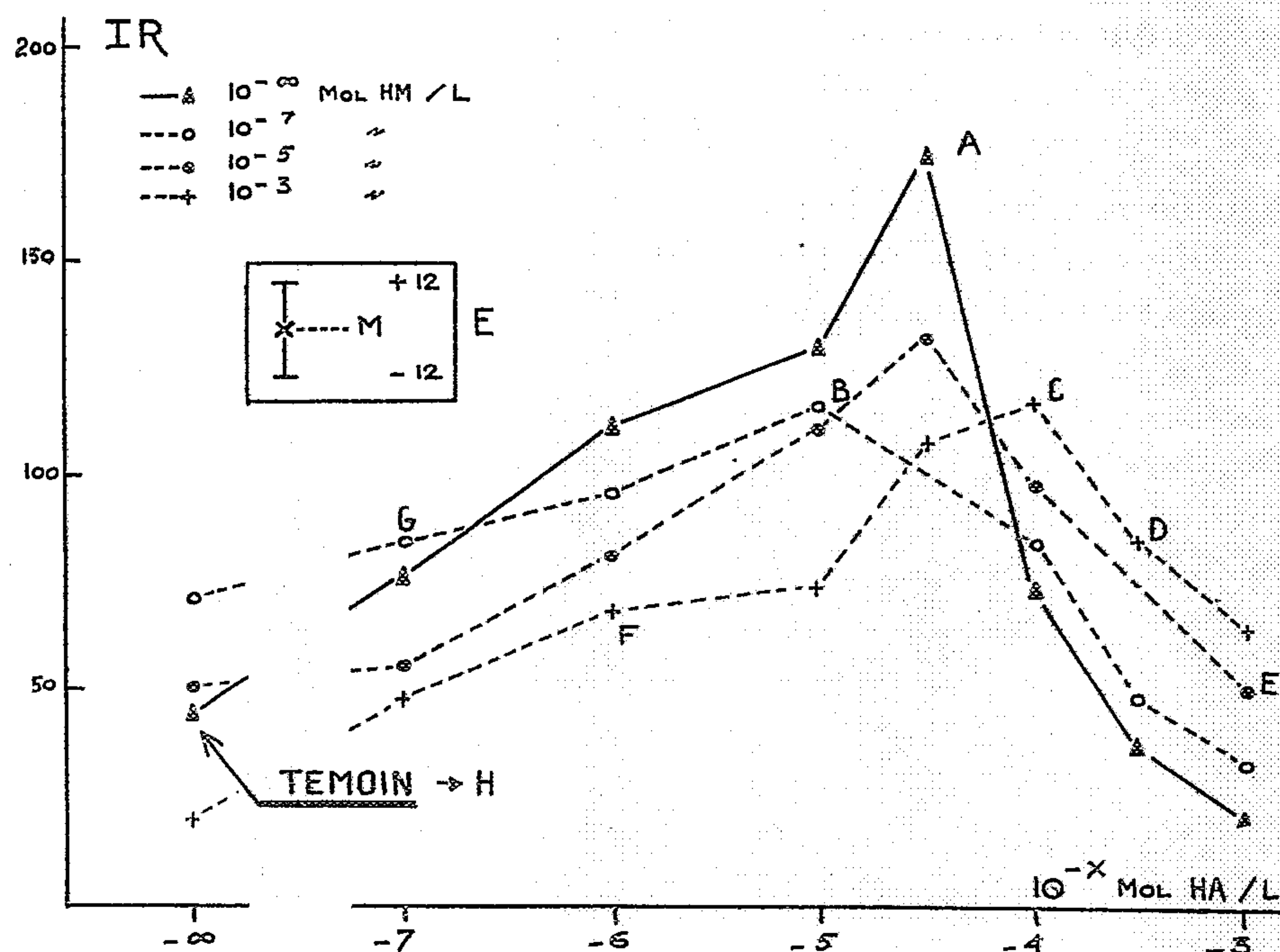


Fig. 2. — IR : indice rhizogénique après 72 h ; E : erreur systématique ; M : moyenne pour 30 fragments ; HM : hydrazide maléique ; HA : hétéroauxine.

4. L'inhibition de la rhizogénèse par l'HA, à fortes concentrations, est partiellement levée par l'HM et ceci d'autant plus fortement que la concentration de cette substance est plus élevée. L'hypothèse de l'action directe de l'HM sur l'HA est à rejeter puisqu'on a montré que le taux en auxines de tissus traités par l'HM ne subit pas de changement ([7]). L'antagonisme physiologique déjà signalé ([8]) à propos de ces substances et le fait que l'HM se comporte comme

([6]) F. W. Went, *Amer. J. Bot.*, 26, 1939, p. 24 ; H. E. et G. L. Warmke, *Amer. J. Bot.*, 37, 1950, p. 272 ; M. Levine, *Amer. J. Bot.*, 37, 1950, p. 445 ; P.-E. Pilet, *Mém. Soc. vaud. Sc. Nat.*, 10, 1951, p. 137 ; P. E. Pilet, *Phyton* (Austria), 4, 1953, p. 247 ; H. Geissbühler, *Bull. Soc. bot. suisse*, 63, 1953, p. 27.

([7]) Z. Kulescha, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 958 ; P.-E. Pilet, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1430.

([8]) R.-J. Gautheret, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2218 ; W. H. Schopfer, E. Grob et G. Besson, *Arch. Sc.*, 5, 1952, p. 5.

une anti-auxine ([9]) permettent de rendre compte de ces résultats sans qu'on puisse, pour le moment, en donner une explication plus précise.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur les divisions nucléaires chez les Basidiomycètes.* Note de M[me] **Panca Heim**, présentée par M. Roger Heim.

Les divisions du noyau de la baside n'offrent rien de particulier et se déroulent suivant le schéma décrit chez les autres végétaux. Ni centrosomes, ni asters ne figurent aux pôles du fuseau, et les granules décrits comme tels sont étrangers au noyau et n'ont aucun rapport avec l'évolution de ce dernier.

Nos observations sur les divisions nucléaires et les numérations chromosomiques, chez un grand nombre de Basidiomycètes appartenant à divers groupes, nous ont conduit aux principaux résultats suivants.

Les phénomènes initiaux de la division du noyau de la baside consistent en une accentuation des chromocentres figurant sur le réseau nucléaire qui présentent alors une chromaticité plus intense et se dégagent progressivement des fins filaments qui les relient. Cette sorte de contraction, de ramassement sur eux-mêmes se poursuit jusqu'à la fin de la prophase sans qu'il y ait jamais le moindre indice de dualité tellement les éléments associés sont confondus.

Ces éléments, ou chromosomes, très condensés, de petite taille, d'aspect granuleux ou en courts bâtonnets uniformément colorés, se groupent à la fin de la prophase au centre du noyau. A ce moment, il est facile de les dénombrer. Leur nombre varie selon les espèces, comme chez les Ascomycètes, entre 4, 6 et 8.

Les chromosomes se placent à la métaphase au centre d'une masse fusoriale sans structure apparente, c'est-à-dire qu'elle ne comporte ni fibrilles, ni asters, ni centrosomes. D'origine intranucléaire, le fuseau apparaît comme une substance plus claire que le cytoplasme environnant, dans laquelle les chromosomes se meuvent, se divisent et se déplacent vers les pôles.

La membrane nucléaire, ainsi que le nucléole, disparaissent à la fin de la prophase. Dans certains cas, le nucléole persiste jusqu'à la fin de l'anaphase aussi bien dans la première que dans la deuxième division du noyau de la baside.

Après leur organisation complète, les noyaux-fils observent un court stade de repos avant d'entrer à leur tour en division, pour donner les noyaux embryonnaires. Au cours de cette seconde mitose, le nombre de chromosomes est le même que lors de la première, mais leur taille est réduite de moitié.

La position des fuseaux ne semble pas pouvoir être prise en considération,

([9]) A. C. Leopold et W. H. Klein, *Physiol. Plantarum*, 5, 1951, p. 91.

pour la taxinomie des Basidiomycètes, du moins autant que Juel l'avait pensé lorsqu'il répartissait ces champignons en deux séries, les *Stichobasidiés* où le fuseau est parallèle au grand axe de la baside et les *Chiastobasidiés* où le fuseau est perpendiculaire à cet axe. En réalité, les fuseaux peuvent présenter plusieurs orientations, plus ou moins constantes chez les diverses espèces d'un même genre et souvent chez la même espèce. En effet, la présence d'une ou de plusieurs vacuoles, ou d'autres causes, liées probablement au cytoplasme, peuvent modifier la position du fuseau qui apparaît tantôt transversal, tantôt vertical ou oblique.

Au moment de la sporulation, les noyaux-fils gagnent le sommet de la baside, s'étirent plus ou moins lors de leur passage à travers les stérigmates, pour pénétrer dans les spores. Ni centrosomes, ni fibres kinoplasmiques n'interviennent dans ce mouvement naturel, dans ce processus physiologique qui pousse le noyau embryonnaire vers la spore, et prélude à sa dissémination.

BOTANIQUE. — *A propos du caryotype de* Androsace villosa *L. var.* subexscapa *Emb. et R. Maire*. Note de MM. **Marcel Guinochet** et **Pierre Quezel**, présentée par M. Roger Heim.

La découverte d'*Androsace villosa* L. sur les hautes montagnes de l'Afrique du Nord est due à L. Emberger (1931). Les quelques exemplaires recueillis par cet auteur proviennent de deux stations situées sur le Grand Atlas calcaire, éloignées cependant de près de 300 km : le Djebel Ghat (3 600 m) et le mont Imghal (3 200 m).

Au cours de divers séjours effectués par l'un de nous sur le Haut Atlas, il a été possible de récolter cette plante en plusieurs localités : M'Goun, Bou Naceur, Rhat. Sur ce dernier massif elle est à peu près exclusivement localisée sur les parois rocheuses exposées au Nord de dolines à neige (3 200-3 500 m) où elle croît en particulier avec : *Gnaphalium Genevoisi* Emb., *Erigeron Mairei* Br. Bl., *Arabis Verdieri* Qz., *Aspidium lonchitis* Soy-Will.

D'après Emberger et Maire (in Maire, *Contributions*, n° 1289), *Androsace villosa* du Grand Atlas constitue une variété spéciale : var. *subexscapa* Emb. et Maire, caractérisée surtout par son inflorescence pauciflore à hampe très réduite; sur les échantillons que nous avons récoltés, ces caractères sont souvent atténués.

L'étude caryologique poursuivie à partir de graines provenant de nos récoltes (Rhat et Bou Naceur), nous a montré pour la variété africaine, un caryotype différent de celui de la variété européenne : $n = 10$ au lieu de $n = 36$ [1].

---

[1] Sokolovskaia et Strelkova, *C. R. Acad. Sc. U.R.S.S.*, nouv. série, 29, 1940, p. 415.

Cette constatation est intéressante de plusieurs points de vue :

1. Tout d'abord, le var. *typica* des montagnes d'Europe représente donc en réalité un aneupolyploïde : $n' = 4(n - 1)$ de la variété *subexscapa* nord-africaine, qui, dès lors, apparaît comme un type primitif. Ce fait est d'ailleurs en accord avec la connaissance des caryotypes chez diverses autres Androsaces orophiles (*septentrionalis*, *helvetica*, *Wulfeniana*) où le génome comporte précisément un nombre de chromosomes égal à 10 ou à 10×3(*A. maxima*, *elongata*, *obtusifolia*, *carnea*, *lactea*).

2. Bien qu'*Androsace villosa* var. *subexscapa* représente indiscutablement une des formes primitives de l'espèce *A. villosa sensu lato*, cette variété est aujourd'hui étroitement localisée en quelques points du Grand Atlas calcaire, alors que le polyploïde var. *typica* occupe au contraire toute la zone des montagnes européennes; il serait intéressant de rechercher si *A. villosa* var. *olympica* des montagnes grecques, morphologiquement très proche de la variété marocaine, ne constitue pas elle aussi un type à $n = 10$.

3. Le fait qui vient d'être rapporté est en accord avec la théorie soutenue surtout par Nordhagen, Dahl, A. et D. Löve, etc. tendant à voir dans les polyploïdes des formes adaptées à la vie dans les régions froides (boréales et alpines), individualisées surtout au cours des grandes glaciations, et ayant remplacé les types initiaux mal adaptés aux nouvelles conditions climatiques. Il est en effet possible d'admettre que pour *Androsace villosa*, la forme primitive n'a pu se maintenir que sur les hautes montagnes de l'Afrique du Nord, où les glaciations n'ont pas revêtu une intensité aussi considérable que sur les montagnes européennes.

D'ailleurs, autant qu'il a été possible de le constater au cours d'une enquête menée par l'un de nous sur les caractères caryologiques de diverses plantes du Grand Atlas, les polyploïdes sont rares dans la zone supérieure, les endémiques paléogènes ont en général un nombre de chromosomes faible, et, parmi les représentants de lignées eurasiatiques, nous n'avons rencontré que très peu de polyploïdes.

BOTANIQUE. — *Action du 2.4-dichlorophénoxyacétate de sodium sur les premiers stades du développement de* Sphagnum papillosum *Lindb.*

Note (*) de Mme **Lucie Kofler**, transmise par M. René de Litardière.

On retrouve les phénomènes observés sur les gamétophores de *Funaria*, concernant ici non seulement les gamétophores mais aussi les lames protonémiques. Les rhizoïdes paraissent réagir à une forte concentration de 2.4-D.

(*) Séance du 15 novembre 1954.

Les résultats obtenus par Mlle Rousseau (1) sur des Hépatiques Marchantiales, et par nous-même (2) sur la Mousse *Funaria hygrometrica* montrent que le gamétophyte de ces vétégaux, traité par le 2.4-dichlorophénoxyacétate (*acide* libre *ou sel de sodium*), présente des anomalies de croissance. Toutefois, n'ayant pas mis en évidence de malformation dans le protonéma filamenteux de *Funaria*, nous nous sommes demandé comment le protonéma en lames d'une Sphaigne réagirait à la présence de 2.4-D dans le milieu de culture.

Nous avons cultivé aseptiquement *Sphagnum papillosum* à partir de ses spores, sur solution minérale gélosée à 15 g/l et additionnée de sel de sodium du 2.4-D aux concentrations suivantes : 0 (témoins), 10^{-7}, 10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4}. Dans les conditions de ces expériences, les bourgeons sont apparus au bout de 7 à 8 semaines dans les cultures témoins et pour les faibles concentrations de 2.4-D (10^{-7}, 10^{-6}). Aucune anomalie n'a été constatée chez les Sphaignes cultivées en présence de 2.4-D à la concentration 10^{-7}.

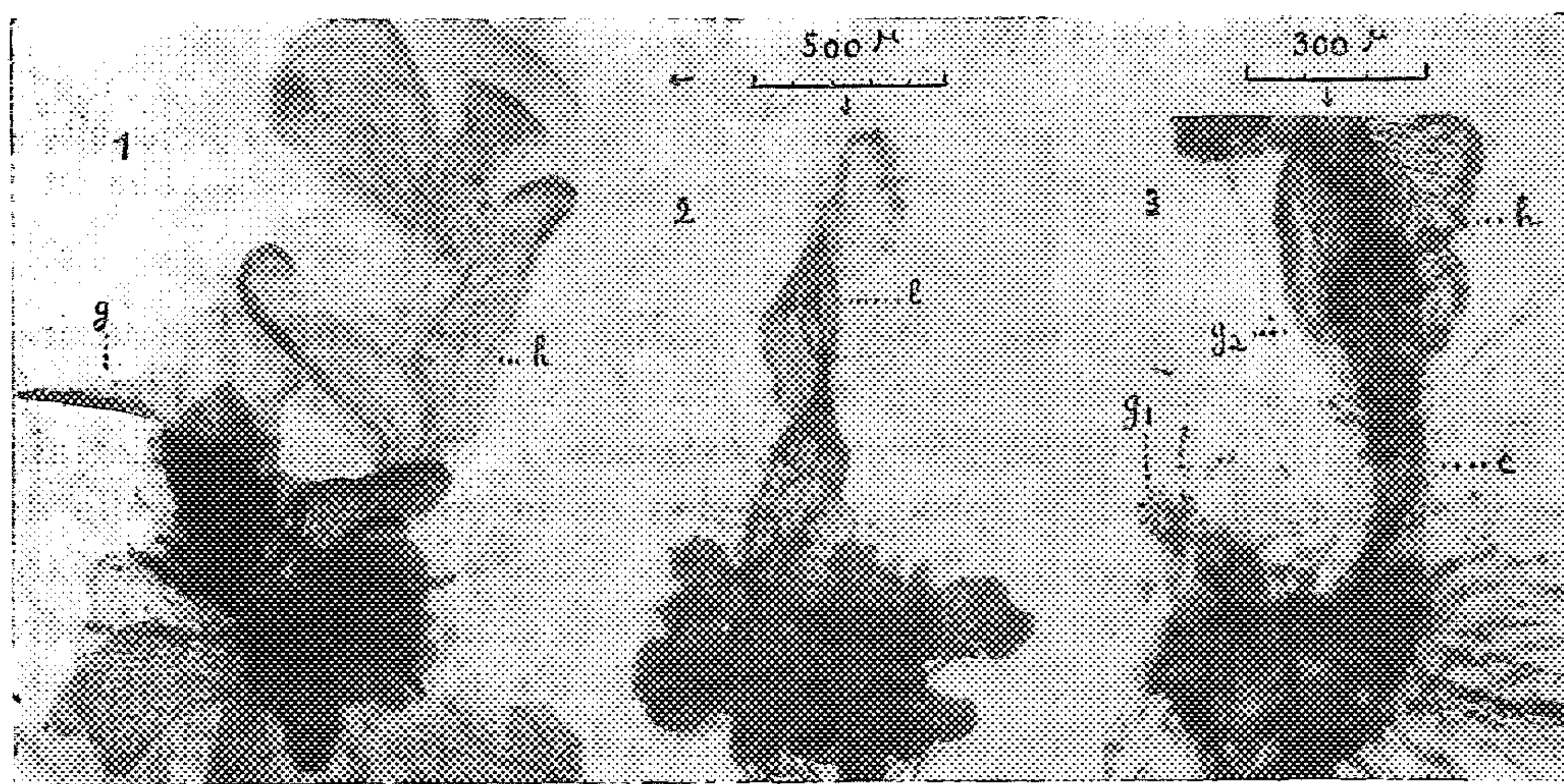
Pour 10^{-6}, le protonéma est entièrement normal, sauf dans quelques cas où, localement, il forme d'assez nombreux rhizoïdes à partir du bord des lames. Les jeunes gamétophores sont parfois normaux, mais, le plus souvent, ils s'hypertrophient et se décolorent d'autant plus que l'hypertrophie est plus forte (*fig.* 1).

Pour 10^{-5}, l'aspect des jeunes lames protonémiques n'est d'abord pas affecté. Mais la croissance apparaît bientôt notablement retardée (surface environ 4 fois plus petite que les témoins, au bout de 4 semaines). Enfin, au bout d'un certain temps, certaines lames dressées se creusent en cuiller et se tordent, tout en se décolorant plus ou moins (*fig.* 2). De plus, au bord de ces lames et surtout au bord des lames normales, les cellules méristématiques deviennent bombées et subissent quelques cloisonnements dans des directions quelconques, de sorte que le bord apparaît ourlé d'un petit bourrelet de cellules isodiamétriques. Un grand nombre d'entre elles émet des rhizoïdes d'aspect normal. La croissance des bourgeons, dont les ébauches sont difficiles à distinguer des cellules des bourrelets, aboutit d'abord à la formation de colonnettes de cellules isodiamétriques portant des rhizoïdes (même phénomène que chez *Funaria*). Puis le point végétatif produit une tige et des ébauches de feuilles dont les cellules ne tardent pas à s'hypertrophier. Au bout de chaque colonnette se trouve donc une tige feuillée très déformée et décolorée, à longs entre-nœuds et à petites feuilles formées d'un nombre réduit de grosses cellules (*fig.* 3). Certaines parties montrent une différenciation bien nette : les hyalocystes des feuilles

(1) *Voir* en particulier : *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 749. *Rev. bryol. et lich.*, **21**, 1952, p. 239; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **100**, 1953, p. 179.

(2) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1958; **237**, 1953, p. 1958.

y possèdent pores et fibrilles, le hyaloderme de la tige est très distinct, avec hyalocystes rarement fibrillés. Suivant les cas, le point végétatif, hypertrophié et décoloré, cesse de fonctionner, ou bien il reste vert, avec des cellules normales qui continuent à se diviser; 10 semaines après la mise en culture, ces gamétophores peuvent dépasser 1 cm et sont 5 ou 6 fois plus longs que les témoins de même âge.



Cultures de 2 mois 1/2. Fig. 1 : 10^{-6}; g = gamétophore normal; h = gamétophore hypertrophié. — Fig. 2 : 10^{-5}; l = lame hypertrophiée. — Fig. 3 : 10^{-5}; fragment de protonéma avec un jeune gamétophore g^1 et un gamétophore plus évolué g^2 dont on voit une partie; c = base en colonnette h = tige feuillée hypertrophiée.

Pour 10^{-4}, le protonéma est modifié dès le début. Sa croissance, très lente, mène à la formation d'une petite masse muriforme hérissée de rhizoïdes. Ceux-ci atteignent une moins grande longueur que dans les autres cultures. Leur aspect est parfois normal, mais, dans d'autres cas, leur trajet est sinueux et ils ont des cellules plus courtes. Ils peuvent former de nouvelles petites masses de cellules, de même que, dans les autres cultures, ils peuvent former de nouvelles lames.

Reportés sur milieu témoin liquide, les protonémas à bourrelets et les protonémas muriformes, obtenus respectivement avec les concentrations 10^{-5} et 10^{-4} de 2.4-D, donnent de nombreuses lames normales aux dépens des cellules isodiamétriques.

Il résulte de ceci que les lames protonémiques et les gamétophores présentent les mêmes genres de réaction : lente multiplication de cellules méristématiques sans élongation ultérieure et avec production fréquente de rhizoïdes; hypertrophie et décoloration plus ou moins fortes et brutales, affectant généralement des cellules ayant subi un commencement de croissance normale. La sensibilité est toutefois moindre ou plus tardive

pour les lames protonémiques que pour les gamétophores. Quant aux rhizoïdes, leur croissance ne paraît troublée que pour de fortes teneurs du milieu en 2.4-D.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Inhibition de la croissance des propagules de* Marchantia polymorpha *L. par la coumarine.* Note (*) de M[lle] JACQUELINE ROUSSEAU, présentée par M. Roger Heim.

La coumarine aux concentrations voisines de 10^{-5} inhibe la croissance des propagules de *Marchantia polymorpha* L. Elle provoque le gigantisme des initiales. Elle est sans action à l'obscurité.

L'action de la coumarine a été très étudiée sur les plantes vasculaires. Elle inhibe la germination des graines [L. J. Audus (1), H. Veldstra (2) et M. Evenari (3)] et cause l'arrêt des mitoses [I. Cornman (4)]. Certains auteurs ont tendance à rapprocher l'action de la coumarine de celle des hétéroauxines, soit parce qu'elle provoque les mêmes morphoses, soit parce qu'elle exerce la même action stimulante sur la croissance que les hétéroauxines. J. Van Overbeek (5) pense que le mode d'action de la coumarine est voisin de celui du 2.4-dichlorophénoxyacétate de sodium. L. J. Audus (6) a observé l'inhibition de la croissance longitudinale et la formation de racines latérales chez le pois traité par des solutions de coumarine de 30 à 100 pmn. M. Miller (7) a obtenu la prolifération du tissu palissadique en traitant des disques de feuille de *Chenopodium album* par des solutions de coumarine de 15 à 200 pmn. Enfin J. Lavollay et F. Laborey (8) ont trouvé que le traitement des graines d'orge (trempage) par des solutions de coumarine de concentration inférieure à 10^{-3} entraîne une stimulation de la croissance analogue à celle que produit l'acide indol-β acétique.

A notre connaissance, la coumarine n'ayant pas été expérimentée sur les Bryophytes il nous a paru intéressant de suivre son comportement sur ces végétaux peu différenciés. Nous nous sommes d'abord adressée

---

(*) Séance du 3 novembre 1954.

(1) *Nature*, London, 158, 1946, p. 419.

(2) *Enzymologia*, 21, 1945, p. 373-380.

(3) M. EVENARI, A. M. MAYER et A. POLJAKOFF-MAYBER, VIII[e] *Congrès Int. Bot.*, Paris, 12, 1954, p. 173-174.

(4) *J. Exp. Biol.*, 23, 1947, p. 292-297.

(5) J. VAN OVERBEEK, *Plant growth regulators*, éd. H. B. Tukey, J. Wiley and Sons, New-York (sous presse).

(6) *New. Phyt.*, 47, 1948, p. 196-219.

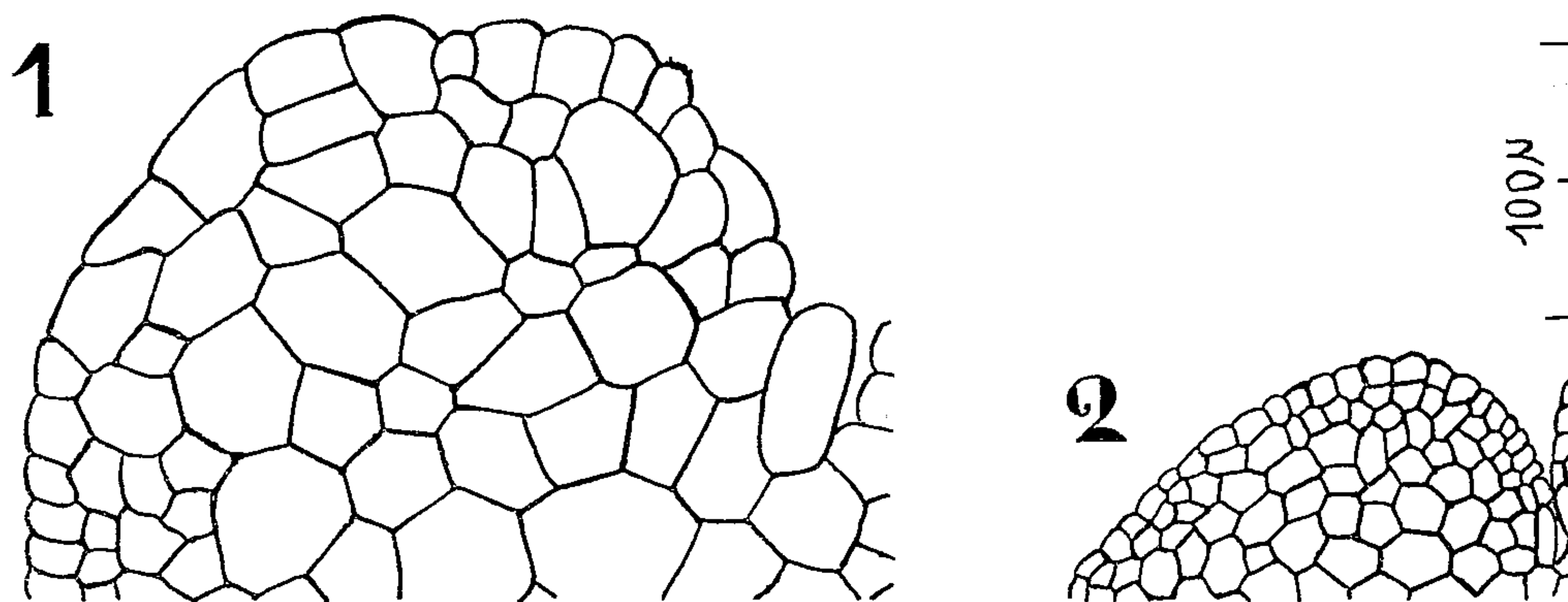
(7) *Plant. Physio.*, 26, 1951, p. 631-634.

(8) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2438.

aux propagules de *Marchantia polymorpha*. En effet, ayant déjà étudié l'action des hétéroauxines sur ces propagules (9), (10) et (11), il nous sera facile de comparer l'action des hétéroauxines à celle de la coumarine dans ce cas particulier. Nous avons opéré en utilisant la coumarine de deux manières, en solution dans le milieu de culture et en trempage, de façon à se rapprocher des conditions d'expérimentation réalisées par les auteurs précédemment cités. Dans les deux cas nous avons effectué une série d'expériences à la lumière et une autre à l'obscurité.

Première méthode (coumarine en solution dans le milieu de culture). — Les cultures ont été faites dans des boîtes de Pétri sur des milieux additionnés de coumarine aux concentrations variant de 2.10^{-4} à 10^{-5}, en réservant pour témoins des milieux de culture sans coumarine.

A la lumière, à la concentration de 10^{-4}, l'inhibition de la croissance est complète. Deux à trois jours après le début des expériences les cellules de la zone des initiales brunissent. Vers le sixième jour ces cellules augmentent de taille. L'agrandissement est isodiamétrique, il s'étend à toutes les cellules de cette zone (cellules bordantes, cellules à oléocorps).



Propagules de *Marchantia polymorpha* L. âgés de 15 jours, cultivés sur des milieux additionnés de coumarine à 10^{-4}. 1, à la lumière; 2, à l'obscurité.

Le nombre de cellules frappées de gigantisme varie avec la concentration. Il est de 5 à 7 cellules à 2.10^{-4} pour atteindre 30 à 50 cellules à $0,5.10^{-4}$. Le gigantisme n'intéresse pas forcément les deux points végétatifs du propagule. Parfois même un seul côté du propagule dégénère sous l'action de la coumarine (*fig.* 1).

A l'obscurité, la coumarine paraît, dans les conditions où nous avons expérimenté, ne pas avoir d'action sur les propagules (*fig.* 2).

Deuxième méthode (coumarine en trempage). — Les propagules ont été

(9) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 675.
(10) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 749.
(11) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2111.

mis à tremper pendant des durées variant de 24 h à 8 jours dans des solutions de coumarine allant de 2.10^{-4} à 10^{-5}. Une fois sortis du bain, les propagules étaient soigneusement lavés et transportés sur un milieu nutritif sans coumarine.

Les seules concentrations actives sont celles comprises entre 2.10^{-4} et 10^{-4}. L'influence ne se fait sentir qu'au bout de 4 à 5 jours de trempage. Comme précédemment les cellules de la zone des initiales brunissent et sont atteintes de gigantisme.

L'action de la coumarine tout en étant analogue à l'inhibition de la croissance produite par les hétéroauxines n'atteint pas la même ampleur à concentration égale. Ici l'élongation des cellules est isodiamétrique alors qu'avec les hétéroauxines elle est polarisée (étirement des propagules traités par l'acide α-naphtalène acétique, forme cruciforme de ceux traités par le 2.4-dichlorophénoxyacétate de sodium).

Il apparaît que la coumarine agit différemment à l'obscurité sur les plantes supérieures et sur les Hépatiques. Remarquons toutefois que, dans le cas des Hépatiques, nous avons agi sur la phase à *n* chromosomes.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur l'extension progressive de l'*Insula *cérébrale, des Singes inférieurs aux Anthropoïdes et des Anthropoïdes à l'Homme.* Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Toutes les Primates (le *Chiromys* excepté) et beaucoup d'autres Mammifères présentent une région du *Pallium* télencéphalique enfoncée en profondeur : l'*Insula* ou île de Reil.

1. Des recherches récentes sur le développement cérébral des Singes inférieurs de l'Ancien Monde ([1]) m'ont permis d'interpréter, ici même ([2]), l'*Insula* de ces Primates. J'ai mis en évidence que, chez eux, cette région, limitée, vers le haut, par la *Suprasylvia* (comme chez l'Homme), s'étend, en largeur, de la partie antérieure de la *Suprasylvia*, à la *Pseudosylvia*, correspondant ainsi à la région antérieure du Territoire Central. Le sillon Central de l'*Insula*, qui s'indique tardivement, au cours de la vie fœtale, n'est qu'un sillon radiaire de complication.

2. Le développement du cerveau humain ([3]) montre que le sillon central de l'*Insula*, très précoce, n'a pas la même signification que celui des Singes inférieurs : il correspond à la *Pseudosylvia* et divise l'*Insula* en deux parties,

([1]) M. Friant, *Ann. Soc. roy. zool. Belgique*, 84, 1953, p. 39; *Eight Pacific Science Congress.*, 16-28 novembre 1953, p. 547.

([2]) M. Friant, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1334.

([3]) M. Friant, *Anatomie comparée du Cerveau*, Paris, Prisma, 1947, p. 27 et suiv., pl. 28 et suiv.

classiques en Anatomie humaine : l'*Insula antérieure* et l'*Insula postérieure*. Dans son ensemble, l'*Insula* est beaucoup plus étendue que celle des Singes inférieurs, comportant outre la partie antérieure du Territoire Central (comme ces Singes), vers l'avant : le *Gyrus reuniens* en entier ; vers l'arrière : la partie postérieure du Territoire Central, sauf sa région toute postérieure, qui forme la première circonvolution temporale exposée.

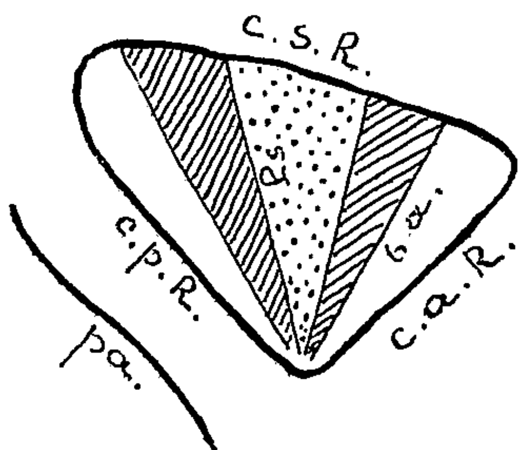


Schéma de l'*Insula humaine*, du côté droit, avec l'indication, à son intérieur, de l'étendue beaucoup moindre de l'*Insula* : 1° chez les *Singes inférieurs* (en pointillé); 2° chez les *Anthropoïdes* (en pointillé et en hachures). — b. a., *Brevis anterior* : c. s. R., Circulaire antérieur de Reil (*Præsylvia*); c. p. R., Circulaire postérieur de Reil : c. s. R., Circulaire supérieur de Reil (*Suprasylvia pro-parte*); p. a., Parallèle (*Postsylvia*, partie inférieure); Ps., sillon Central de l'*Insula* humaine (*Pseudosylvia*).

3. Sur le développement cérébral des ANTHROPOÏDES, nous avons peu de données. Toutefois, les travaux de F. Marchand (1893) ont montré que leur *Insula antérieure* s'étend moins loin, vers l'avant, que celle de l'Homme ; la région antérieure du *Gyrus reuniens* (située entre le *Brevis anterior* et la *Præsylvia* = Circulaire antérieur de Reil), insulée chez l'Homme, demeure superficielle chez les Anthropoïdes : c'est l'*Insula antérieure de Marchand*.

Le sillon Central, comme chez l'Homme, correspond à la *Pseudosylvia ;* quant à l'*Insula postérieure*, plus étroite, elle ne comporte pas de sillon Longitudinal, *sulcus* constant, au contraire, en Anatomie humaine.

En somme, plus étendue que celle des Singes inférieurs, vers l'avant et vers l'arrière, l'*Insula* des Antropoïdes n'atteint pas, cependant, les limites de l'*Insula* de l'Homme.

Conclusions. — Cet exposé rapide met en évidence des faits nouveaux et importants en Anatomie comparée cérébrale :

1° La limite supérieure de l'*Insula*, aussi bien chez les Singes que chez l'Homme, est formée, au moins en partie, par la *Suprasylvia* (disposition bien connue, jusqu'ici, chez les Anthropoïdes et l'Homme, seulement).

2° Au niveau de l'*Insula*, le sillon Central, chez les Singes inférieurs, les sillons-limite antérieur et postérieur, chez tous les Singes, n'ont pas la même signification que les sillons correspondants de l'Homme.

3° L'*insula* s'étend progressivement, vers l'avant et vers l'arrière, des Singes inférieurs aux Anthropoïdes et des Anthropoïdes à l'Homme.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'origine du surcroît de dépenses qu'entraîne l'alimentation chez le Lapin.* Note de MM. **Théophile Cahn** et **Jacques Houget**, présentée par M. André Mayer.

Nous avons montré antérieurement que chez le Lapin, l'alimentation déclenche une augmentation des échanges de 24 h qui dépassent alors d'environ 30 % ceux de l'animal à jeûn (1). Parmi les interventions hormonales possibles, nous avons pu retenir celles de l'insuline (2), de l'adrénaline (3) et des hormones corticales (4), toutefois les augmentations d'échanges que produisent ces hormones sont d'intensité beaucoup plus faible que celles constatées chez un animal qui mange, et, si l'association de l'insuline et de l'adrénaline (5) se montre beaucoup plus efficace que chacune des hormones utilisées isolément, il n'en reste pas moins que le déterminisme physiologique du phénomène étudié doit englober d'autres facteurs, sans doute nerveux.

Nous voudrions ici aborder un autre aspect du phénomène, celui des transformations métaboliques qui se déroulent pendant la surproduction de chaleur et qui doivent en être la cause. Nous remarquerons :

1° Que la surproduction de chaleur qui suit l'alimentation n'est pas répartie également dans le cours des 24 h, atteint à certaines heures 60 %, se produit en un temps d'autant plus court que l'animal a ingéré sa ration quotidienne en moins de temps, et se situe surtout dans les heures qui suivent cette ingestion.

2° Le surcroît de dépenses énergétiques de l'animal montre une certaine liaison entre la quantité d'aliments ingérés et l'importance de l'augmentation des échanges (2).

3° La nourriture du Lapin est presque exclusivement glucidique et la digestion, quand elle porte en peu de temps sur la totalité de la ration journalière, peut déverser dans l'organisme des quantités de sucre qui sont de l'ordre de 20 g/kg-animal. La totalité de ce sucre ne peut pas être mise en réserve, car le foie stocke au maximum 4 g de glycogène par kilogramme-animal (6) et les muscles 1 à 2 g. Même si une partie du glucose est brûlée directement, il en reste une quantité importante qui doit être mise en réserve, et l'est probablement après conversion en graisses. Cette conversion exigeant une réduction entraîne une dépense énergétique importante, et il y a tout lieu de penser que

(1) T. Cahn et J. Houget, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 465; *J. Physiol.*, 44, 1952, p. 115.

(2) T. Cahn et J. Houget, *J. Physiol.*, 45, 1953, p. 429.

(3) T. Cahn et J. Houget, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2556.

(4) T. Cahn et J. Houget, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 100.

(5) T. Cahn et J. Houget, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 310.

(6) L. Chevillard et A. Mayer, *Ann. Physiol.*, 15, 1939, p. 282.

c'est dans ce phénomène de conversion que se trouve la cause du surcroît de dépenses qui suit l'alimentation chez le Lapin.

Cette hypothèse est appuyée par deux ordres de faits : 1° le quotient respiratoire est toujours beaucoup plus élevé et dépasse même notablement l'unité dans les heures qui suivent l'ingestion rapide de la ration, démontrant ainsi que l'organisme dans cette période effectue des synthèses de lipides ([7]); 2° lorsqu'on alimente un lapin en lui faisant ingérer uniquement de l'huile d'olive, en quantité largement suffisante pour couvrir ses dépenses, on ne constate pas l'augmentation importante des échanges que déclenche son alimentation ordinaire.

En conclusion, l'ensemble des faits rapportés permet de penser qu'après la prise de nourriture le Lapin doit transformer une quantité importante de glucides en lipides ([8]), qui peuvent d'ailleurs être brûlés très rapidement.

C'est le coût énergétique de la transformation sucre → graisses qui doit être la source du surcroît de dépenses qu'entraîne l'alimentation dans cette espèce, la réalisation de ces transformations métaboliques se faisant en partie sous l'impulsion des sécrétions hormonales dont nous avons montré l'action antérieurement. On peut ainsi expliquer les importantes différences de production caloriques de 24 h entre le Lapin jeûneur et alimenté. Il est probable que ce même surcroît de dépenses non compensé au cours du nycthémère s'observe dans d'autres espèces et plus particulièrement chez les Herbivores. Il semble que les différences de production caloriques de 24 h sont beaucoup moins importantes entre l'Homme jeûneur et alimenté ([9]) et l'on retire la même impression de nombre d'expériences de Rubner sur le Chien ([10]). Ceci fait penser que l'énergie libérée au cours des processus qu'exige l'intégration des aliments est dans certaines espèces (Homme, Chien) partiellement utilisable pour les travaux physiologiques normaux à la neutralité thermique et qu'elle ne le serait pas, ou pour une part beaucoup plus faible, chez d'autres, ce qui rend compte de l'extrême variabilité des valeurs données pour l'action dynamique spécifique.

([7]) J. Tepperman, J. R. Brobeck et C. N. H. Long, *Amer. Journ. Physiol.*, 133, 1941, p. 468; *loc. cit.* (1) et (2).

([8]) Nous avons essayé de réduire les synthèses de graisses chez l'animal alimenté en réalisant une « fuite » d'hydrates de carbone par intoxication à la phlorizine; même avec des doses de 1 g/kg le glucose urinaire est au plus de 2,5 g/kg ce qui ne réduit pas notablement l'excès de sucre qui doit être obligatoirement transformé en graisses; nous n'avons alors constaté aucune diminution des échanges.

([9]) F. C. Benedict, *Carneg. Institut.*, 1907, n° 77; F. C. Benedict et T. M. Carpenter, *Carneg. Institut.* 1918, n° 261.

([10]) M. Rubner, *Die Gesetze des Energieverbrauchs bei der Ernährung*, 1902, Leipzig.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Généralités sur les besoins nutritifs des cultures d'organes embryonnaires en milieux synthétiques.* Note de Mlle **Madeleine Kieny**, Mmes **Katy Stenger-Haffen** et **Émilienne Wolff**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons montré que des milieux synthétiques complexes étaient capables d'entretenir la vie, la croissance et la différenciation des gonades, des syrinx et des tibias de l'embryon de poulet (1). Ces milieux étaient constitués d'un grand nombre d'acides aminés, de glucose, de sels minéraux, éventuellement d'un mélange de vitamines. Nous avons tenté de préciser quels sont les acides aminés essentiels ou simplement favorables; d'autre part nous avons recherché si le glucose peut être remplacé par d'autres glucides.

Nous avons pris pour tests la durée de survie des trois organes, la croissance des tibias, la différenciation des gonades et des syrinx. Les trois organes ont montré des besoins communs et des besoins différentiels. Ce sont les besoins communs que nous étudions ici.

Témoins. — En l'absence d'acides aminés, une solution physiologique contenant du glucose permet une survie de 2 à 3 jours au plus. En l'absence de glucose, les milieux contenant des acides aminés n'entretiennent en aucun cas la vie des organes.

Les besoins communs en acides amines. — Dans toutes les expériences, nous avons employé comme substratum la solution de Tyrode gélifiée par de l'agar. Les acides aminés des milieux complexes ont été éprouvés un à un. Nous avons d'abord fabriqué des milieux contenant un acide aminé, puis nous avons ajouté successivement un ou plusieurs acides aminés aux précédents, sélectionnant systématiquement ceux qui améliorent les milieux.

Les trois organes ne peuvent survivre en l'absence d'un acide aminé sulfhydrilé : le plus favorable est la *cystéine* dans le cas des gonades et des syrinx (2), la *méthionine* ou le *glutathion* dans le cas des tibias. La cystéine permet à elle seule la survie et une certaine différenciation des gonades et des syrinx, la méthionine, tout en permettant la survie, ne suffit pas à assurer la croissance des tibias.

Ajoutés à la *cystéine*, les acides aminés suivants nous ont permis de constituer un milieu de base, favorable aux trois catégories d'explants : *arginine*, *méthionine*, *histidine*, *lysine*. Dans le cas du tibia, l'histidine n'est favorable qu'en présence d'*acide glutamique*.

---

(1) E. Wolff, K. Haffen, M. Kieny et E. Wolff, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 137; *J. Embr. exp. Morph.*, 1, 1953, p. 55, 84.

(2) K. Haffen et E. Wolff, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 754.

Le milieu de base, ainsi défini, est amélioré par l'addition de l'un ou l'autre des composés suivants : *ornithine*, *thréonine*, *asparagine*, *hydroxyproline*. La *tyrosine* et la *sérine* sont très favorables aux deux organes qui contiennent des cartilages : syrinx et tibia. Certains amino-acides n'ont aucun effet, lorsqu'ils sont ajoutés au milieu de base.

D'autres acides aminés se montrent spécifiquement favorables à l'un ou l'autre des trois organes. Ils seront étudiés dans des publications ultérieures. Par exemple, l'acide para-aminobenzoïque est indispensable, ainsi que l'une de nous l'a montré, à la croissance des tibias ([3]), et doit être ajouté, dans ce cas particulier, aux milieux précédemment définis. Il est à remarquer que certains acides aminés n'agissent qu'en synergie avec d'autres, que, par contre, l'addition de deux ou plusieurs acides aminés favorables peut se révéler inefficace ou même nuisible.

Essais de remplacement du glucose par d'autres glucides. — Certains organes se sont montrés plus tolérants que d'autres vis-à-vis des glucides de substitution. Ainsi les gonades s'accommodent, mieux que les tibias ou les syrinx, de certains diholosides, ou de certains pentoses. Mais le seul sucre qui puisse suppléer efficacement le glucose pour les trois organes est un hexose, le mannose. Le galactose est encore capable d'assurer une survie de 5 à 7 jours aux gonades et aux syrinx, non aux tibias.

Conclusions. — En résumé, nous arrivons à la définition d'un milieu minimum, commun aux trois catégories d'organes, dans lequel figurent un acide amine sulfhydrilé (cystéine ou méthionine) comme composant indispensable, quelques acides aminés, tels l'arginine, l'histidine, la lysine, la méthionine, éventuellement l'acide glutamique, comme aliments essentiels, des composés comme l'ornithine, la thréonine, l'asparagine, l'hydroxyproline comme constituants favorables, mais pouvant se substituer l'un à l'autre.

Parmi les sucres qui ont été éprouvés jusqu'à ce jour, seul le mannose peut se substituer pour entretenir les cultures des trois catégories d'explants.

ANTHROPOLOGIE. — *De l'utilisation de l'indice calvario-cérébral de Manouvrier.*

Note de Mme **Jeanne Leschi**, présentée par M. Léon Binet.

L'étude du développement du système osseux crânien par rapport à la capacité cranienne et au développement de l'encéphale a amené Manouvrier ([1]) à établir l'indice calvario-cérébral devenu classique :

$$I = \frac{\text{Poids du calvarium} \times 100}{\text{Capacité crânienne}},$$

([3]) M. Kieny, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1920.

([1]) *Bull. Soc. Zool.*, 7, 1882, p. 113-229.

cet indice pouvant être, d'après l'auteur, considéré comme un caractère « sériaire et hiérarchique » et « fonction du degré de l'évolution humaine ». En effet, le poids du système osseux du crâne par rapport à la capacité peut donner une idée du développement relatif du système nerveux central. Cet indice est plus faible chez la femme que chez l'homme, le système osseux étant chez ce dernier relativement plus lourd et plus développé. Chez les types raciaux, l'indice de Manouvrier est plus faible chez les Blancs et les Jaunes que chez les Noirs ([1]), ([2]), ([3]). Sur une série de crânes de Dogons, Noirs soudanais (Mission Griaule-Diéterlen), nous obtenons des résultats comparables à ceux des Blancs mais où persistent les différences sexuelles.

Femmes ($n = 40$) : $I = 35,90 \pm 0,87$;
Hommes ($n = 62$) : $I = 41,86 \pm 0,71$.

Ces Noirs ont une capacité inférieure à celle des Blancs. Étant donné cette capacité, si le système osseux était aussi dense, l'indice devrait être plus élevé. Or, on sait que les os sont plus légers et les crêtes osseuses moins marquées chez les Noirs que chez les Blancs.

Le rôle de la capacité crânienne nous permet de préciser l'utilisation de l'indice calvario-cérébral qui paraît parfois difficile à interpréter ([1]) et ([4]). En effet, cet indice établit le rapport entre un volume et le poids de son enveloppe. Bien que les unités paraissent « comparables », la capacité cranienne varie comme un volume, alors que l'enveloppe crânienne et son poids varient, *grosso modo*, comme une surface.

Si, par exemple, nous prenons des volumes sphériques dont l'enveloppe est de même densité et de même épaisseur, et le rayon de 3, 4, 7, 8 cm, le rapport (Poids enveloppe/Volume) sera de 1, 0,75, 0,425 et 0,374 pour la simple raison que $V/S = R/3$. De ce fait, plus un crâne sera grand, plus l'indice sera faible, à densité osseuse égale. Nous ne voulons certes pas établir une analogie entre le crâne humain et une sphère, mais nous pensons que le développement de la surface osseuse par rapport à la capacité, compte tenu de la morphologie particulière du crâne, évolue comme une surface et ne peut être comparée directement au volume si on ne tient compte de ce volume. Pour des raisons géométriques élémentaires, l'indice calvario-cérébral est très variable.

Dans les cas de crânes adultes humains peu différents, cet indice peut être utilisable et ses valeurs facilement interprétables. Chez les femmes, l'ossature osseuse plus frêle que chez les hommes donne un indice plus

---

([2]) R. Martin, *Lehrbuch der Anthropologie*, Iéna, G. Fischer, 1928.
([3]) M. Pelletier, *Bull. et Mém. Soc. d'Anthr. de Paris*, 1, 5e série, 1900, p. 515-531.
([4]) G.-Paul Boncour, *Anthropologie anatomique*, Paris, Doin, 1912.

faible que chez ces derniers et ceci avec une capacité plus faible. Mais dans certains cas, l'utilisation de cet indice est sujet à révision et ne permet pas de conclusion générale.

Manouvrier [1], étudiant des Anthropoïdes et des Microcéphales, trouve pour les deux des indices plus élevés que pour des séries de crânes adultes humains normaux : 46,3 à 72 chez les Microcéphales, 98,6 chez un Orang femelle, 132 chez le Gorille femelle, 134,2 et 179,7 chez le Gorille mâle. Ces nombres élevés n'ont pas le même sens dans les deux cas. Alors que les valeurs obtenues pour les Microcéphales sont, contre l'apparence, du même ordre que ce qu'on trouve chez l'Homme normal, les valeurs obtenues pour les Anthropoïdes sont « réellement » plus élevées. En effet, si nous prenons une sphère creuse de 4 cm de rayon ayant une capacité de 268 cm^3, son enveloppe de 1 cm d'épaisseur et de 1 g/cm^3 pèsera environ 201 g. L'indice sera de 75,0. Si la sphère a 8 cm de rayon, toutes choses égales par ailleurs, sa capacité sera de 1 437 cm^3, son poids de 616 g et son indice de 42,5. Étant donné les volumes crâniens des Microcéphales et des Anthropoïdes, on voit que les nombres élevés obtenus chez les premiers ne sont dus qu'à la petitesse de la capacité crânienne. Chez les deuxièmes, au contraire, ils sont réellement dus à l'épaisseur des os et au développement des crêtes osseuses, compte tenu du développement du maxillaire supérieur.

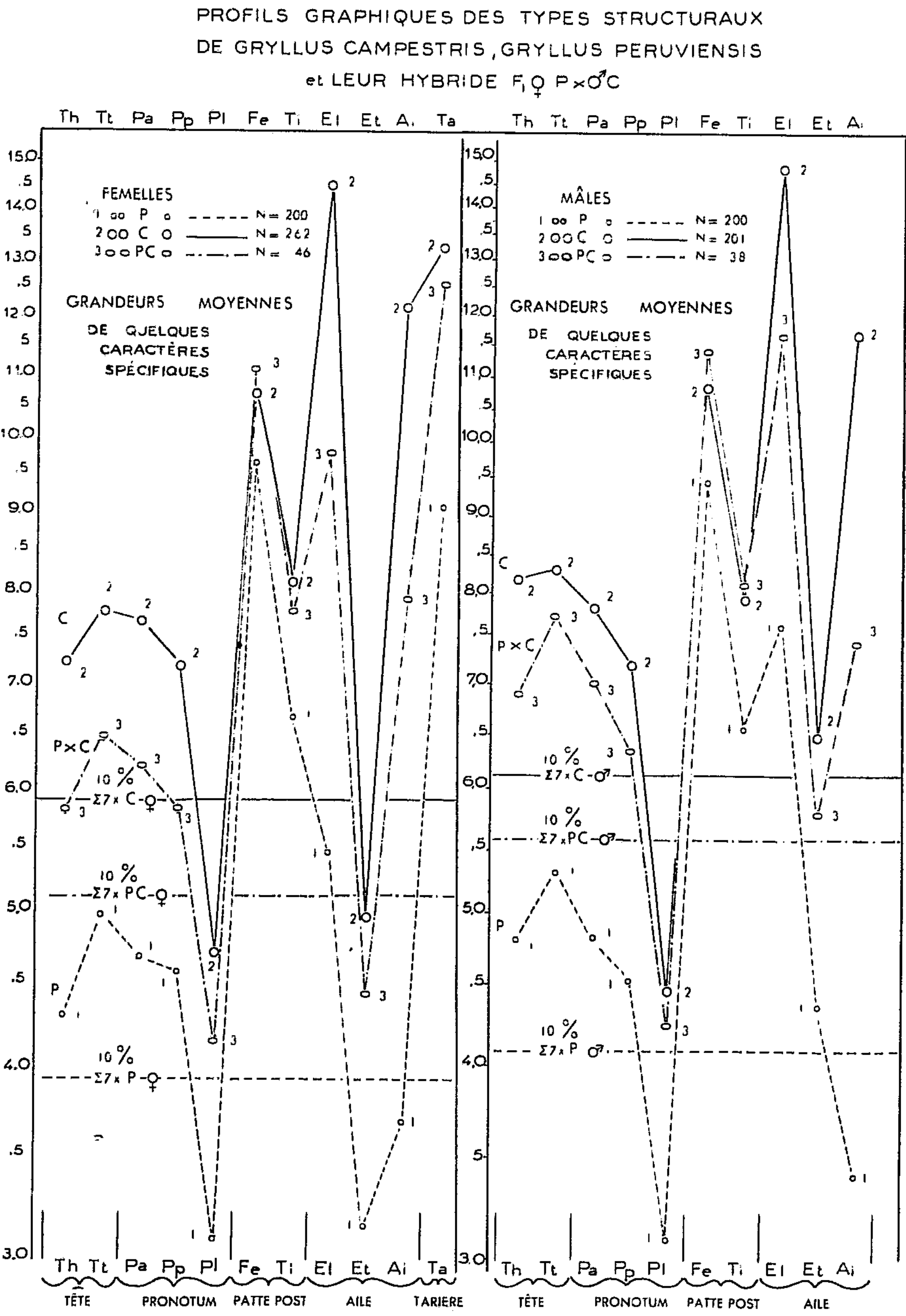
Anthropoïdes et Microcéphales ne peuvent donc être aussi délibérément rapprochés bien qu'ils aient tous deux un indice calvario-cérébral supérieur à celui de l'adulte humain normal. Pour des raisons géométriques élémentaires, l'indice calvario-cérébral varie. Ces variations géométriques indépendantes des variations biologiques réelles nous paraissent donc devoir être considérées avant d'établir des conclusions générales et de faire de cet indice un caractère « sériaire et hiérarchique ».

GÉNÉTIQUE. — *Sur la transmission de quelques caractéristiques spécifiques quantitatives dans le croisement des espèces* G. peruviensis *Sauss. et* G. campestris *L.* Note de Mlle **Germaine Cousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Gryllus peruviensis (P), grillon de montagne, provenant des environs de Jauja dans la Cordillère des Andes, à près de 3 500 m d'altitude s'hybride avec *G. campestris* (C), espèce de l'Ancien continent.

Ces deux espèces diffèrent : 1° par leur habitat, l'une étant de la faune sud-américaine; l'autre de celle de l'Eurasie; 2° par leur taille, *G. campestris* est, en moyenne, 1,5 fois plus grand que *G. peruviensis* (moyenne de la somme de sept caractères représentatifs de la taille; $\Sigma 7$ C ♂ de diverses souches : 60,91; 61,60; 60,58; C ♀ : 60,81; 59,54; 63,10; alors que pour

P ♂ Σ_7 : 41,04 et P ♀ : 38,91; 3° par de nombreux caractères descriptifs, signalés par les diagnoses des catalogues de la systématique du groupe;



4° par leurs types structuraux spécifiques. Indépendamment de la taille, les proportions respectives des diverses parties du corps sont différentes

dans chacune des espèces. La biométrie en donne une définition rationnelle précise.

Seule, l'hybridation ♀ P × ♂ C est possible, encore n'est-il que quelques expériences positives. De nombreux essais ont donné 46 ♀ et 38 ♂ (sexe hétérogamétique) arrivés au stade imaginal. Les anomalies sont fréquentes : dissymétries de la tête et de divers organes. Ces faits rapprochés de l'inconstance des éclosions, de l'irrégularité de la croissance et de l'impossible obtention des hybrides réciproques, sont l'indice d'une organogénèse laborieuse des combinaisons génétiques hybrides. Ces hybrides P × C ne donnent pas de F_2; cependant les femelles rétrocroisées avec les mâles P et C donnent quelque descendance.

Le diagramme ci-dessus représente les types structuraux de P, C et P × C des deux sexes. Établis d'après les valeurs moyennes des différents caractères spécifiques, ils montrent les différences de taille, les différences morphologiques essentielles et la parenté approximative de l'hybride.

Une droite représentant pour chaque groupe la position d'un caractère de référence homologue, représentatif de la taille (10 % de Σ 7) permet de transposer les valeurs moyennes des caractères en valeurs relatives et de compléter les comparaisons.

Comparée à C l'espèce P accuse les différences structurales suivantes : la tête est moins haute et plus large, elle est donc plus aplatie; le pronotum est un peu plus étroit en arrière et relativement plus long; les élytres sont moins longs, plus larges et les ailes plus petites par rapport aux élytres. Ces différences entre les deux espèces sont de même ordre dans les deux sexes, mais moins accentuées chez les femelles.

Quant aux hybrides P × C les valeurs moyennes des caractères, exprimées en valeurs absolues, montrent ces derniers proches de l'espèce C : (Σ 7 P×C; ♂ : 56,11; ♀ : 51,28). La croissance de l'hybride semble donc conditionnée par une influence patrocline.

Les valeurs moyennes des caractères rapportées à la taille montrent que les hybrides présentent un équilibre morphologique qui les situe généralement en position intermédiaire entre les espèces parentes. Quelques caractères manifestent de l'hétérosis : largeur de la tête et longueur du pronotum des mâles, longueur de l'oviscapte des femelles. A l'inverse, la largeur relative de l'élytres des mâles P × C est inférieure à celle des parents.

Les indices structuraux révèlent, dans les deux sexes, un type maternel dans la forme de la tête, dans celle du pronotum, dans la longueur relative des ailes et les femelles seules se rapprochent du type paternel quant aux proportions relatives des pattes postérieures, alors que celles des mâles sont de type maternel. La forme des élytres est intermédiaire entre celle des deux espèces parentes.

BIOLOGIE. — *Toxicité des tissus de* Holothuria tubulosa, *de* H. polii *et de* H. impatiens, *pour quelques vertébrés*. Note de M[lle] **Lucie Arvy**, présentée par M. Louis Fage.

Des broyats, de simples macératés ou des décoctions des viscères ou du tégument de *Holothuria tubulosa* Gm., de *H. polii* Delle Chiaje et de *H. impatiens* Forskal, tuent en quelques minutes 8 espèces de Téléostéens marins, *Carassius auratus* L, *Lebistes reticulatus* Peters ou *Rana temporaria* L. Le facteur toxique est un hémolytique puissant, d'action promptement irréversible *in vivo* et immédiate *in vitro*.

Zahl (1), de Bimini (Iles Bahamas) a observé que parmi les tissus appartenant à 50 genres, expérimentés pour leur toxicité ou leur pouvoir d'inhiber la croissance des tumeurs, les tissus macérés dans l'eau de l'Holothurie *Actinopyga agassizi* Selenka étaient de beaucoup les plus toxiques; d'après Nigrelli (2) les tubes de Cuvier de cette espèce, contiennent un facteur hydrosoluble, thermostable, très toxique pour la Souris, des Poissons, des Amphibiens (holothurine). Ce facteur, à la dilution de 1 000 000e tue à 30° C le *Cyprinodon baconi* en 23 mn et le *Carapus bermudensis* (?), hôte habituel du cloaque de *Actinopyga agassizi*, meurt en 8 mn dans une solution à 1 000; le mécanisme d'action est inconnu. L' « holothurine » inhibe la croissance du sarcome 180 de la Souris et celle de certains Protozoaires en culture pure, à 25° C (*Tetrahymena pyriformis*, *Ochromonas malhamensis* et *Euglena gracilis*).

Il m'a paru intéressant de rechercher une toxicité éventuelle des Holothuries méditerranéennes : *Holothuria tubulosa*, *H. polii*, classiquement dépourvues de tubes de Cuvier [Kœhler (3)], et de *H. impatiens*. Grâce à M. Tregouboff, j'ai pu observer que des tissus macérés, des décoctions ou de simples broyats des Holothuries draguées dans la baie de Villefranche-sur-Mer, sont extrêmement toxiques pour les petits poissons, capturés à la nasse, dans la même baie. Tous les essais ont été faits à la température du laboratoire (18-20° C).

Les broyats de la paroi d'une *Holothuria polii*, de même que ceux de la masse viscérale, tuent rapidement des *Merolepis vulgaris* Cuv. et Val.; des poissons de cette espèce, d'un poids moyen de 7 g, placés en aquarium, dans 1 200 cm³ d'eau de mer, meurent en 15 mn sous l'effet de l'addition du broyat du tégument et en 5 mn sous l'effet de l'addition du broyat de la masse viscérale; un fractionnement de cette dernière révèle que le sang et le liquide des organes arborescents d'une seule Holothurie, soit 50 cm³, ajoutés à 800 cm³ d'eau de mer, suffisent pour tuer des *Merolepis vulgaris*, d'un poids moyen de 19 g en 5 mn, tandis qu'un broyat des organes de Poli, de la gonade et du

(1) in *Proc. Soc. exp. Biol Med.*, 81, 1952, p. 379-380.
(2) *Zoologica*, 37, 1952, p. 89-90.
(3) *Faune de France*, *Échinodermes*, Paris, 1921, p. 173-178.

segment digestif adjacent les tue en 3 mn et qu'un broyat d'organes arborescents joints à l'intestin postérieur les tue en 2 mn.

Les divers essais qui ont été faits donnent l'impression que *Merolepis vulgaris*, *Serranellus cabrilla* et *Scorpæna porcus* sont particulièrement sensibles au facteur toxique contenu dans *H. tubulosa* et *H. polii*. Pour une quantité donnée d'un certain extrait, des *Crenilabrus roissali* Risso, de poids variant entre 28 et 36 g, sont tués en 12 à 14 mn, quand des *Serranellus scriba* de 19 g meurent en 13 mn. De tous les poissons expérimentés, c'est *Carassius auratus* et *Julis giofredi* qui sont les plus résistants; des lots de Girelles, d'un poids moyen de 8 g meurent en 24 mn, quand des *Gobius cruentatus* de même poids meurent en 8 mn. Pour une espèce et un extrait donnés, le poids a relativement peu d'influence sur la durée de survie : des *Julis* de 4 g meurent en 5 mn, quand des *Julis* de 12 g meurent en 8 mn et un *Gobius* de 5 g meurt en 8 mn quand un *Gobius* de 60 g meurt en 13 mn. L'importance des fentes buccales et operculaires semble conditionner, plus que le poids, la résistance à l'intoxication.

L'action du toxique est promptement irréversible : des *Julis* de 6 g sont tués en 11 mn par un extrait donné; elles meurent également si on les soustrait à l'action du toxique au bout de 6 mn, mais survivent si cette action ne dure que 3 mn. Les tubes de Cuvier de *H. impatiens* sont beaucoup plus toxiques que n'importe lequel des tissus testés; sur des *Brama rayi* (Bloch), 3 g de tubes de Cuvier sont aussi toxiques que 5 cm^3 d'une décoction très concentrée de 6 *H. tubulosa*, d'environ 400 g chacune, ou qu'une décoction de 15 *H. impatiens* privées de leurs tubes de Cuvier.

L'intoxication se manifeste toujours de la même manière : le poisson accélère ses battements operculaires, s'agite, saute hors de l'eau, fait des mouvements de tonneau, puis gîte à 45° et meurt le ventre en l'air, la gueule large ouverte, les opercules et les arcs branchiaux au maximum d'extension, au moins quand la conformation de la tête le permet : il ne peut en être ainsi chez *Julis*, mais l'attitude de *Serranellus cabrilla* est, à cet égard, tout à fait étonnante.

Des têtards de *Rana*, de 0,5 g et des ♂ de *Lebistes reticulatus* sont tués en 2 à 3 mn par une décoction de *H. polii*. Le facteur toxique est certainement tensio-actif, car en se débattant les poissons font mousser l'eau; c'est aussi un antibiotique car aucun voile bactérien ou mycélien n'apparaît dans les extraits manipulés septiquement. Un extrait sec où des solutions diversement concentrées ne sont pas fluorescents en lumière ultraviolette, le facteur toxique ne semble donc pas apparenté aux « substances d'effroi » de von Frisch ([4]). La recherche des actions histaminique ou acétylcholinique, due à M. Parrot, est restée négative, mais a montré une forte action toxique, non spécifique et

([4]) *Z. vergl. Physiol.*, 29, 1941, p. 46-145.

irréversible sur l'iléon isolé de Cobaye. Le même extrait sec, lyse instantanément *in vitro* les hématies de Souris, lavées et mises en suspension dans du sérum physiologique. L'hémolyse est également nette *in vivo* : le sang cardiaque de *Rana temporaria* ou de *Carassius auratus* qui ont subi l'action de l'extrait d'holothurine, donne un plasma hémorragique après centrifugation.

En conclusion, les tissus de *H. tubulosa*, de *H. polii*, de *H. impatiens*, et davantage encore les tubes de Cuvier de cette dernière, contiennent un facteur hémolytique puissant, capable de tuer en moins d'une demi-heure tant *in vivo* que *in vitro*, les 11 Vertébrés inférieurs qui ont été soumis à son action.

BIOLOGIE MARINE. — *Mise en évidence d'une substance favorisant la métamorphose des larves d'*Alcyonium coralloïdes (*Von Koch*). Note de M. **André Bourdillon**, présentée par M. Louis Fage.

Alcyonium coralloïdes (Von Koch) (*Anthozoa*) se rencontre dans les fonds coralligènes, fixé sur certains substrats d'origine organique : axe corné de Gorgones, coquille de Pélécypodes (en particulier *Mytilus galloprovincialis* Lk.), plus rarement capsule ovulaire de Sélaciens et périsarc d'Hydroïdes. Il n'est pratiquement jamais fixé sur un substrat minéral. En vue de déterminer les conditions de métamorphose des larves, j'ai effectué pendant les mois de juin (période de reproduction de cet Alcyonaire) des années 1952, 1953, 1954, des expériences dont les résultats se résument ainsi :

Une certaine proportion des larves, très variable selon les lots étudiés, est susceptible de se fixer sur du verre, soit pour rester ainsi sans évoluer, soit pour se métamorphoser. Certaines larves, même, peuvent se métamorphoser sans fixation préalable. Mais la majorité des larves ne se métamorphose que sur certains substrats. Quelques larves, enfin, ne se métamorphosent jamais, même sur des substrats favorables. Donc :

a. Les deux phénomènes, fixation sur le substrat et métamorphose en oozoïte, ne sont pas étroitement liés et peuvent apparaître l'un sans l'autre;

b. Les larves présentent une certaine « aptitude à la métamorphose » très variable selon les individus. Celles pour lesquelles cette « aptitude » est forte, peuvent se métamorphoser sur des substrats peu favorables (verre). Celles pour lesquelles elle est faible (la majorité des larves) ne se métamorphosent que sur certains substrats. Quelques larves d' « aptitude » particulièrement faible n'arrivent pas à se métamorphoser, même sur des substrats favorables.

L'étude de l'influence sur la métamorphose d'un certain nombre de substrats se résume ainsi : substrat indifférent : calcaire, bois, liège, nylon,

tunique de *Ciona intestinalis* (L.) (*Ascidiacea*); substrat assez favorable : tunique de *Microcosmus sulcatus* Coquebert (*Ascidiacea*), capsule ovulaire de Roussette, nacre de *Mytilus galloprovincialis*; substrat nettement favorable : periostracum de *M. galloprovincialis*; substrat très favorable : axe corné des Gorgones.

L'influence de tels substrats n'implique pas un tropisme des larves particulier, ainsi que je l'ai constaté en comparant le nombre de larves arrivant sur des morceaux d'axe de Gorgone et sur des morceaux de verre, de forme et de taille identiques, placés dans le même cristallisoir.

L'existence d'une substance hydrosoluble, favorisant la fixation et la métamorphose des larves et contenue dans ces substrats, a été mise en évidence par trois séries d'expériences :

1° Du squelette axial de Gorgone, réduit en poudre, est agité dans de l'eau de mer pendant des intervalles de temps t variés mais assez courts (moins de 6 h). Le mélange est filtré. L'action du filtrat sur les larves est très variable. L'obtention de résultats positifs dépend surtout de la valeur du temps t.

2° Deux lots égaux de N larves sont placés dans deux cristallisoirs identiques, en verre, de surface S. Dans l'un d'eux (cristallisoir C) sont disposées des rondelles d'axe de Gorgone, de surface totale s, faible par rapport à S. Le cristallisoir C' contient le lot témoin. Chaque jour sont relevés :

— dans le cristallisoir C, le nombre v de larves métamorphosées sur le verre et le nombre g de larves métamorphosées sur les rondelles d'axe de Gorgone;

— dans le cristallisoir C', le nombre v' de larves métamorphosées (obligatoirement sur le verre). Je compare $M = v/(N - g)$ et $M' = v'/N$.

Plusieurs expériences de cet ordre (portant en tout sur 900 larves) ont montré que M est supérieur à M' dans des proportions variant de 2 à 7, 20 ou l'infini (cas où $M' = 0$). En outre, les oozoïtes fixés sur le verre en C sont plus florissants que ceux fixés en C'.

3° Je fais macérer dans un cristallisoir A, rempli d'eau de mer, des morceaux d'axe de Gorgone, que j'enlève au bout de 40 h. Un lot de larves est placé alors dans ce cristallisoir, tandis que deux autres lots comparables sont placés, l'un dans un cristallisoir B contenant de l'eau de mer avec des rondelles d'axe de Gorgone, l'autre dans un cristallisoir C contenant seulement de l'eau de mer. Le nombre de métamorphoses (obligatoirement sur le verre) dans le cristallisoir A égale ou même dépasse le nombre total de métamorphoses (sur les morceaux d'axe de Gorgone et sur le verre) du cristallisoir B, alors que dans le cristallisoir C, le nombre de métamorphoses est plus de dix fois moindre.

Cette hypothèse de l'action sur la métamorphose des larves d'une

substance hydrosoluble est confirmée par la similitude de composition chimique des substrats favorisant cette métamorphose. Gorgonine, conchyoline et ovokératine (des Sélaciens) contiennent en proportions variables diverses protéines, apparentées à la tyrosine, dont l'une, la thyroxine, se trouve dans l'axe corné de certaines Gorgones (J. Roche, 1951).

Pour déterminer la nature exacte de la substance active, des lots de larves ont été mis en expérience dans des solutions à diverses concentrations de certaines de ces protéines (glycocolle, tyrosine, diiodotyrosine, thyroxine, cystine). Seule la diiodotyrosine a donné des résultats positifs, mais son action paraît trop faible en regard de celle obtenue avec des morceaux d'axe de Gorgone pour qu'on puisse la considérer comme seule substance active.

Des recherches ultérieures tendront à préciser la nature de la substance dont l'action a été mise en évidence au cours de ces expériences.

RADIOBIOLOGIE. — *Rôle de l'oxygène dans la radio-synthèse.* Note de M. **Jean Loiseleur** et Mlle **Liliane Catinot**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

La radio-synthèse dépend de la présence et de la concentration de l'oxygène au cours même de l'irradiation.

Il a été montré précédemment [1] que les radio-peroxydes, formés par les rayonnements ionisants (R. X. et U. V.), peuvent agir spontanément sur d'autres molécules, en entraînant des condensations moléculaires et des synthèses. Ces dernières dépendent à la fois de la présence et de la concentration de l'oxygène au cours de l'irradiation.

Les expériences ont porté sur le noir d'aniline, le bleu de méthylène et le violet de Lauth. Pour ces derniers, le milieu irradié est constitué par un mélange à volume égal de $(NH_4)^2S$ (0,5 cm³ dans 100 cm³ d'eau) et d'une solution M/100 de diméthyl-*p*-phénylènediamine ou de *p*-phénylènediamine selon le cas. Cette solution est irradiée à pH = 7 dans les conditions exposées antérieurement [2], puis chauffée à 100° pendant 30 minutes. Ce chauffage est indispensable pour faire apparaître le colorant, ce qui distingue bien les deux étapes successives de la réaction : *a*. la formation primaire du radio-peroxyde au cours même de l'irradiation ; *b*. la réaction secondaire de ce radio-peroxyde avec une autre molécule. Ce schéma est confirmé par les expériences suivantes.

1. L'action de l'oxygène est mise en évidence en opérant avec — ou sans — barbotage d'air (Tableau I) :

---

(1) A. Lacassagne et J. Loiseleur, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 417.

(2) J. Loiseleur, *Annales Institut Pasteur*, 86, 1954, p. 262.

TABLEAU I.

Synthèse du violet de Lauth par les rayons ultraviolet
(duré d'irradiation 15 mn).

	Violet de Lauth radio-formé.
Irradiation avec barbotage d'air.............	431,2 mg pour 1 000 cm^3
» sans »	80 » »

2. Au lieu de traiter le mélange précédent, on peut irradier séparément la molécule organique et introduire le sulfhydrate après l'irradiation. On constate encore la formation du colorant mais en quantité plus faible, cette différence pouvant être attribuée à l'instabilité du radio-peroxyde (tableau II).

TABLEAU II.

Synthèse du violet de Lauth par les rayons ultraviolet
(avec barbotage d'air, durée d'irradiation 30 mn).

	Violet de Lauth radio-formé.
[*p*-phénylènediamine + $(NH_4)^2S$] irradiés ensemble......	650 mg pour 1 000 cm^3
[*p*-phénylènediamine irradiée seule] + $(NH_4)^2S$.........	306 » »
p-phénylènediamine non irradiée + $(NH_4)^2S$............	0 » »

3. L'action de l'oxygène dans les radio-sythèses peut encore être mise en évidence en considérant le rendement ou, plus exactement, le coefficient de radio-synthèse.

Le tableau III montre que le coefficient de radio-synthèse est proportionnel au rapport (oxygène radio-activé/molécule à oxyder), c'est-à-dire que la radio-synthèse est plus importante quand la même quantité d'oxygène radio-activé agit sur une concentration de plus en plus faible de molécules à oxyder. Il est intéressant de constater que l'ordre de grandeur de ce coefficient de radio-synthèse reste le même pour les rayons X et pour les rayons ultraviolets, ce qui établit l'identité du mode d'action de ces deux agents.

TABLEAU III.

Variation du coefficient de radio-synthèse du bleu de méthylène (1)
(à pH = 7 et avec un barbotage d'air constant).

Concentration en diméthyl-*p*-phényldiam. (g ‰).	Coefficient de radio-synthèse	
	avec les U. V.	avec les R. X.
17............................	1,97	2,71
12,75.........................	–	2,86
8,5...........................	–	3,47
4,25..........................	3,92	5,03
2,12..........................	–	7,84
1,06..........................	–	11,41
0,85..........................	11,98	–
0,53..........................	–	20,06
0,17..........................	13,66	–

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence des produits d'oxydation des lipides sur l'action de la lipase pancréatique.* Note de M. **Armand Hérisset**, présentée par M. Maurice Javillier.

Parmi les enzymes lipolytiques, la *lipase pancréatique* aété l'un des mieux étudiés et l'on sait notamment qu' « elle est paralysée par les oxydants et inactivée par les aldéydes et cétones » ([1]). D'autre part, l'auto-oxydation des lipides fait apparaître des peroxydes et conduit à la formation de corps à fonctions aldéhydiques et cétoniques. J'ai donc été amené à penser que les composés résultant de ce processus étaient susceptibles de modifier l'action de la lipase pancréatique ([2]). Aussi ai-je examiné comparativement l'influence de celle-ci sur la saponification de diverses huiles végétales, ou normales, ou présentant un degré variable d'oxydation (qui sera matérialisé par le chiffre obtenu pour la réaction de Lea). Les conditions expérimentales, différentes, seront précisées dans chaque cas.

Protocole expérimental. — Dans une fiole conique de 200 cm³, on mélange 0,20 de pancréatine Codex et 2 cm³ d'eau; on ajoute 10 g d'huile, on agite et on porte à l'étuve à 37° pendant des temps variables, en ayant soin d'agiter fréquemment. On ajoute alors 60 cm³ d'alcool à 95° et on titre avec NaOH N/10 en présence de phénolphtaléine (on retranche l'acidité propre du mélange « huile-alcool », déterminée dans un essai à blanc). L'acidité libre, après saponification, et compte tenu de la correction indiquée, est exprimée en cm³ de NaOH N/10.

Résultats expérimentaux. — *a. Huile d'olive :*

Temps passé à l'étuve (mn).	30.	60.	120.
Huile normale	8,1	11,8	20,9
Huile oxydée (réaction de Léa, $n = 22{,}4$ cm³)	4,1	5,3	6,9

Temps passé à l'étuve (mn).	30.	60.	90.
Huile normale	6,4	12,2	16,5
Huile oxydée (réaction de Léa, $n = 11{,}1$ cm³)	4,2	6,1	6,3

b. Huile d'arachide :

Temps passé à l'étuve (mn).	30.	60.	90.
Huile normale	5,2	13,2	20,6
Huile oxydée (réaction de Léa, $n = 15{,}4$ cm³)	3,8	6,0	7,5

Temps passé à l'étuve (mn).	30.	60.	90.
Huile normale	5,4	9,6	13,2
Huile oxydée (réaction de Léa, $n = 7{,}8$ cm³)	2,4	4,8	6,3

(1) Thomas, *Manuel de Biochimie*, Masson, Paris, 1946.

(2) Herisset, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 31, 1949, p. 1279; *Trav. du Lab. de Matière Médicale de l'École de Médecine d'Angers*, 1, juillet 1954.

CONCLUSIONS. — Les composés résultant de l'auto-oxydation des lipides retardent nettement la saponification par la lipase pancréatique des esters gras constitutifs des huiles végétales.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude d'une lactico-déshydrogénase d'une souche de* B. Anitratum (*N. W.*) par Mlle **YVONNE JOYEUX** et Mme **MADELEINE CROSON**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Dans une précédente Note [1] nous étudions la préparation de la lactico-déshydrogénase soluble de *B. Anitratum* (N. W.), oxydant l'acide lactique en acide pyruvique. Nous montrons ici la dépendance de l'activité enzymatique avec les groupes —SH.

Stabilité. — La lactico-déshydrogénase (L. D. H.) du *B. Anitratum* (N. W.) est d'une stabilité remarquable en solution (extrait purifié). En effet une préparation gardée sous cette forme à + 2° pendant un mois et demi, a conservé toute son activité, tandis qu'un échantillon du même extrait, lyophilisé et maintenu pendant le même temps à la même température, a perdu 90 % de son activité.

La congélation à — 10° diminue également l'activité; en 6 jours on observe une baisse de 50 %. Au point isoélectrique (pH = 6,6), un chauffage de l'extrait pendant 30 mn à 37°, ou pendant 2 mn à 50°, ne changent pas l'activité qui tombe à 50 % après chauffage à 50° pendant 15 mn ou à 60° pendant 10 mn. Cependant on n'observe pas de coagulation. Un chauffage à 100°, pendant 20 mn, aux pH de 6, 7,2 et 8 ne provoque pas de coagulation de protéine.

Action des inhibiteurs. — L'enzyme purifié n'est inhibé ni par le cyannre ni par le complexon III (sel sodique de l'acide éthylène diaminotétracétique), tous deux inhibiteurs des métaux lourds. Par contre une inhibition nette est observée avec le *p*-chloromercuribenzoate de sodium; celle-ci est complètement réversible par le glutathion réduit. L'acide monoiodacétique est sans action. On peut donc classer la fonction —SH indispensable à l'activité enzymatique dans le groupe des —SH peu réactifs de Barron [2].

pH *optimum.* — L'activité déshydrogénasique est peu sensible aux variations de pH, du moins entre 7 et 11 (maximum vers pH = 10). Elle diminue vers l'acidité pour s'annuler à pH = 5. Les tampons au borate donnent une inactivation totale, aussi avons-nous utilisé les tampons glycocolle pour la zone alcaline.

Coenzymes. — De nombreuses déshydrogénases lactiques connues étant dépendantes du diphosphonucléotide (D. P. N.), nous nous sommes attachés particulièrement à déceler ce cofacteur.

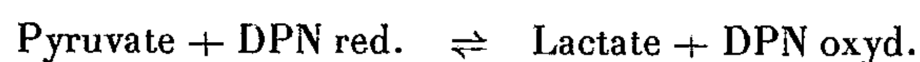
---

(1) Sous presse.

(2) *Ad. in Enzymology*, 11, 1951, p. 201.

La dialyse prolongée contre eau bidistillée ne diminue l'activité que faiblement. Une dialyse de 20 h est sans effet. Après 50 h, nous observons une inactivation de 50 % non réversible par addition de D.N.P. Dans la dialyse contre eau bidistillée contenant 10^{-3} M de cystéine, l'extrait conserve son activité. Par contre, le 2.3 butanediol n'est pas oxydé par l'extrait brut dialysé, alors qu'il l'est à nouveau si l'on ajoute du D.P.N.

Nous avons cherché à mettre en évidence au spectrophotomètre de Beckman à 340 mμ, la réaction :


Pyruvate + DPN red. ⇄ Lactate + DPN oxyd.

Nous n'observons pas de diminution d'absorption en présence de pyruvate, tant avec des extraits bruts que purifiés, dialysés ou non.

En supposant que le D.P.N. se trouve fermement lié à l'enzyme, nous avons tenté de le libérer par l'ébullition, d'un extrait purifié, dialysé (contre tampon glutathion M/1000 + Cl_2Mg M/1000). Cette préparation n'active pas la glucose-deshydrogénase du foie, qui nécessite la présence de D. N. P.

Le triphosphopyridine nucléotide, les flavines adénine-mononucléotide et dinucléotide, ainsi que l'extrait brut bouilli, sont inefficaces dans la réactivation de la L. D. H. partiellement inactivée par dialyse.

Plusieurs spectres effectués avec des préparations purifiées et concentrées 10 fois par ventilation au froid, ne donnent aucune indication dans la région du spectre située dans le visible (avec ou sans lactate). Le cytochrome b_2 ne semble donc pas intervenir dans la réaction enzymatique ([3]).

Conclusions. — La L. D. H. soluble du *B. anitratum* (N. W.) est très stable, hautement spécifique et d'une activité élevée; celle-ci n'est liée ni à un métal lourd, ni au cytochrome, ni au D. P. N. Le lactate est oxydé en pyruvate. La réaction enzymatique dépend de l'intégrité de la fonction —SH.

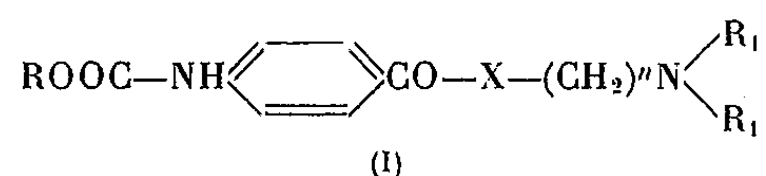
PHARMACOLOGIE. — *Constitution chimique et activité anesthésique locale.* Note de MM. **René Giudicelli**, **Pierre Chabrier** et **Henry Najer**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs étudient l'activité anesthésique locale de deux esters et d'un amide de l'acide *p*-aminobenzoïque comparativement à celle de leurs dérivés carbamoylés. Ils montrent que la carbamoylation exalte considérablement le pouvoir anesthésique local des corps considérés.

Nous nous sommes proposé d'étudier, d'une façon générale, les modifications apportées par la carbamoylation aux propriétés pharmacodynamiques de diverses amines aliphatiques ou aromatiques.

([3]) S. J. Bach, M. Dixon et L. G. Zerfas, *Biochem. J.*, 40, 1946, p. 229.

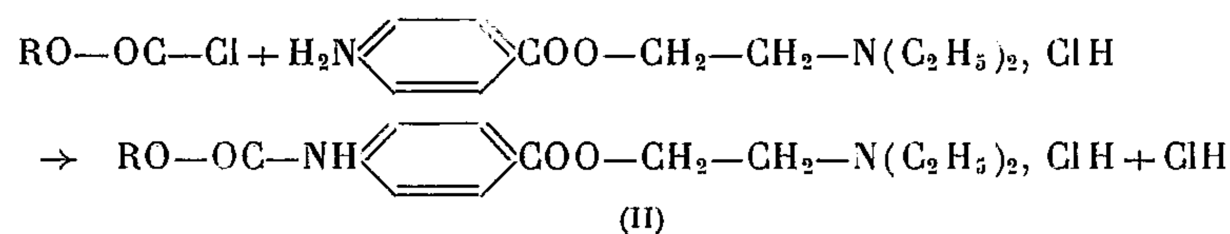
Dans cette Note, nous décrirons les effets qu'exerce, sur les propriétés anesthésiques locales, la transformation du groupement $-NH_2$ en groupement $-NHCOOR$ dans trois dérivés de l'acide *p*-aminobenzoïque : le *p*-aminobenzoate de β-diéthylaminoéthyle [1], le *p*-aminobenzoate de γ-dibutylaminopropyle [2] et la β-diéthylaminoéthylamide de l'acide *p*-aminobenzoïque [3]. Les produits résultant de cette transformation répondent à la formule générale (I).

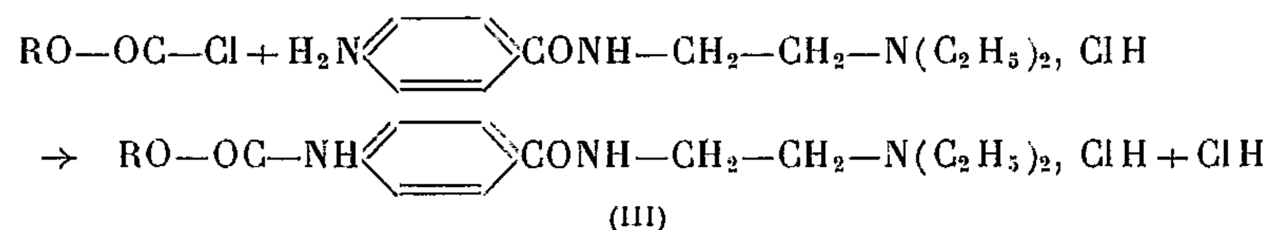


dans laquelle R = alcoyl ou aralcoyl; $R_1 = C_2H_5$ ou C_4H_9; X = O ou NH; $n = 2$ ou 3.

Ces substances s'obtiennent par une méthode générale consistant à faire réagir en milieu aqueux le chloroformiate d'alcoyle ou d'aralcoyle choisi sur le chlorhydrate de l'aminoester ou de l'aminoamide.

La réaction s'effectue selon les formules (II) et (III) avec un rendement généralement bon.





D'une façon générale, les chlorhydrates sont des composés blancs, bien cristallisés, à point de fusion défini. Ceux qui dérivent du chlorhydrate de *p*-aminobenzoate de β-diéthylaminoéthyle par remplacement du groupe-NH_2 par le groupe-$NH-COOR$ ont une solubilité dans l'eau et dans l'alcool qui croît avec le poids moléculaire du radical R. Ainsi, pour $R = -CH_3$, le composé est peu soluble dans l'eau et dans l'alcool tandis que le composé correspondant à $R = -CH_2-(CH_2)^4CH_2-$ est soluble dans l'eau et dans l'alcool en toutes proportions. Ceux qui dérivent du chlorhydrate de *p*-aminobenzoate de γ-dibutylaminopropyle sont peu solubles dans l'eau à froid et très solubles à chaud. Enfin, pour les chlorhydrates dérivant simi-

(1) Procaïne.
(2) Butacaïne.
(3) Procaïnamide.

lairement du chlorhydrate de la β-diéthylaminoéthylamide de l'acide *p*-aminobenzoïque, la solubilité dans l'eau, très faible pour R=—CH_3, augmente rapidement avec le poids moléculaire du radical R.

L'activité anesthésique locale a été déterminée, chez le Lapin, par la méthode d'anesthésie cornéenne de Régnier en prenant le chlorhydrate de cocaïne ou le chlorhydrate de procaïne comme substance de référence.

R.	F. (°C)	Chlore (%). Calculé.	Chlore (%). Trouvé.	DL 50 souris voie I/V (mg/kg).	Pouvoir anesthésique local de surface par rapport à celui du Chlte de cocaïne.	Pouvoir anesthésique local de surface par rapport à celui du Chlte de procaïne.
Dérivés du *p*-aminobenzoate de diéthylaminoéthyle.						
ROOC—NH—C_6H_4—COO—$(CH_2)_2$—$N(C_2H_5)_2$, ClH. (4) (1)						
CH_3	199	10,74	10,88	22	0,3	–
C_2H_5	171	10,30	10,02	11	0,5 à 1	–
C_4H_9n	157	9,53	9,29	9,5	1	–
C_4H_9 (iso)	144	9,53	9,44	13	3	25 à 30
C_5H_{11}	144	9,18	8,82	2,5	4,5	–
C_6H_{13}	130	8,86	8,60	3	10	–
C_6H_5—CH_2	158	8,73	8,66	12	5	40 à 50
Dérivés du *p*-aminobenzoate de dibutylaminopropyle,						
ROOC—NH—C_6H_4—COO—$(CH_2)_3$—$N(C_4H_9)_2$, ClH. (4) (1)						
CH_3	179	8,86	8,90	7	1 à 2	–
C_2H_5	154-155	8,56	8,02	5,5	5	–
C_4H_9n	152	8,02	7,58	4	6 à 7	–
C_4H_9 (iso)	163	8,02	8,08	5,5	13	–
C_5H_{11}	145	7,77	7,34	4	3	–
C_6H_{13}	129	7,54	–	3	3	–
C_6H_5—CH_2	131	7,45	–	5	10	–
Dérivés de la diéthylaminoéthylamide de l'acide *p*-aminobenzoïque.						
ROOC—NH—C_6H_4—CONH—$(CH_2)_2$—$N(C_2H_5)_2$, ClH. (4) (1)						
CH_3	223	10,77	10,31	120	–	0,5
C_2H_5	174-175	10,33	10,20	28	–	2
C_4H_9n	144	9,55	9,57	22,5	–	3
C_4H_9 (iso)	157	9,55	9,64	35	–	5
C_5H_{11}	142	9,20	8,81	25	2 à 3	20
C_6H_{13}	149	8,88	8,61	28	2 à 3	20
C_6H_5—CH_2	176	8,75	8,52	40	–	2,5
Produits de référence.						
Chlorhydrate de Cocaïne				20	–	1
Chlorhydrate de Procaïne				100	1	–

Le tableau ci-dessus indique les points de fusion des composés nouveaux préparés et les résultats des dosages de leur teneur en chlore ; leur toxicité (DL 50) par voie intraveineuse chez la Souris blanche ; leur activité anesthésique locale exprimée en fonction de celle de la substance de référence (chlorhydrate de cocaïne ou chorhydrate de procaïne).

L'examen de ce tableau montre la remarquable augmentation d'activité anesthésique locale résultant du remplacement du groupement $-NH_2$ des trois dérivés de l'acide *p*-aminobenzoïque étudiés par un groupement $-NH-COOR$.

Cette exaltation croît, dans la plupart des cas, avec le poids moléculaire du radical R.

En outre, dans chacune des trois séries considérées, le dérivé isobutyle est plus actif et moins toxique que le dérivé butyle.

A 15 h 50 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 h 45 m.

R. C.

COMITÉ SECRET.

La Section de Chimie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Pierre Jolibois* :

En première ligne..................	M. **Georges Dupont**.
En deuxième ligne..................	M. **Georges Chaudron**.
En troisième ligne, ex æquo, *et par ordre alphabétique*...............	MM. **Georges Champetier**. **Henri Gault**. **Maurice-Marie Janot**. **Jean Roche**.

A ces noms, l'Académie adjoint celui de Mme **Irène Joliot-Curie**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la prochaine séance.

Sur la proposition du Comité National, l'Académie procède à la désignation de trois délégués français qui prendront part à Rome, du 12 au 15 avril 1955, à l'Assemblée générale de l'**Union internationale des sciences biologiques**, avec voix délibérative.

Sont désignés : MM. **Louis Fage**, **Roger Heim** et **Jacques Tréfouël**, Membres de l'Académie.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 NOVEMBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE DE BROGLIE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** signale que la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 8 décembre, au lieu du lundi 6, jour de la séance annuelle des prix de l'Académie des sciences morales et politiques.

HYDRAULIQUE. — *Surpression engendrée au distributeur par la rupture d'une conduite forcée.* Note (*) de M. **Léopold Escande.**

La rupture d'une conduite, en un point éloigné des turbines, peut provoquer une surpression élevée au distributeur.

Considérons une conduite horizontale AB, à caractéristique unique, soumise à une pression de y_0 mètres d'eau (*fig.* 1). Une rupture, de section utile *ms*, se produit instantanément, au milieu C de la conduite, alors que l'usine est à l'arrêt, le distributeur A étant entièrement fermé.

La pression statique est $y_0 = 50$ m, la section de la conduite $S = 0,50$ m², la célérité des ondes $a = 981$ m/sec.

Nous avons résolu le problème, à partir de la méthode graphique de Bergeron, en observant que la brèche C est alimentée par les deux conduites AC′ et BC″ dont les débits respectifs q' et q'' sont comptés positivement de A vers C′ et de B vers C″. q désignant le débit qui s'échappe de la brèche à un instant quelconque t, on a, en négligeant les pertes de charge, approximation valable dans la limite des débits étudiés :

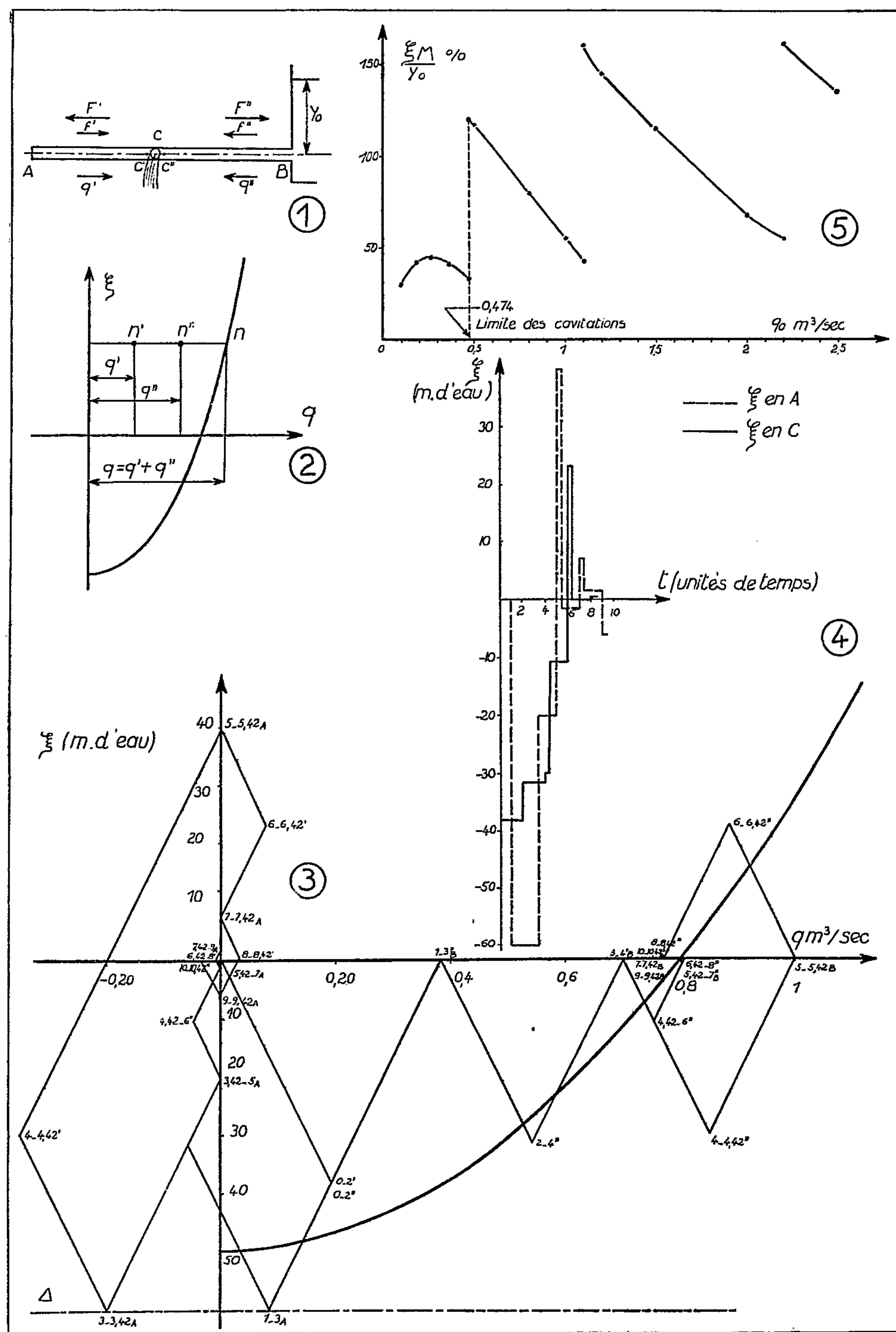
$$\xi = -y_0 + \frac{q^2}{2gm^2s^2} \tag{1}$$

et

$$q = q' + q''. \tag{2}$$

(*) Séance du 22 novembre 1954.

P désignant la parabole d'équation (1) dans le diagramme habituel (*fig.* 2), les points de fonctionnement n' et n'', à l'instant t, en C′ et C″, sont situés sur une même horizontale qui coupe la parabole P en un point n, d'abscisse $q'+q''$,



en raison de la continuité de la pression, d'une part, et de la relation (2), d'autre part.

La construction graphique est basée sur l'application systématique de cette remarque. Elle met en évidence, en A, une dépression initiale, suivie d'une succession de surpressions et dépressions alternées.

Une remarque importante concerne le cas où la brèche est assez grande pour que la dépression initiale, supérieure à y_0+y_a, y_a désignant la pression atmosphérique, engendre une cavitation en A. Dans cette hypothèse, le débit n'est pas forcément nul au distributeur, bien que celui-ci soit entièrement fermé, et le lieu du point de fonctionnement en A n'est plus obligatoirement l'axe $O\xi$: en effet, une cavité se forme quand l'existence de la dépression coïncide avec un débit positif en A, et un débit négatif peut également s'établir en ce point, tant que la cavité préexistante n'est pas refermée : le lieu du point de fonctionnement en A n'est plus alors l'axe $O\xi$ mais l'horizontale Δ d'ordonnée $-(y_0+y_a)=-60$ m, en prenant $y_a=10$ m.

La construction graphique de la figure 3, effectuée en prenant une unité de temps égale au quart de la durée d'un aller-retour d'onde le long de la conduite AB, correspond à une brèche donnant un débit de régime permanent $q_0=0{,}80$ m³/s. La figure 4 fournit les surpressions obtenues, en fonction du temps, en A et en C : malgré la valeur faible du débit q_0, une cavitation apparaît en A et la surpression atteint 80 % de la pression statique.

Nous avons étudié systématiquement une série de ruptures correspondant à des débits q_0 allant de 0,10 à 2,50 m³/s. La figure 5 fournit les valeurs du rapport ξ_M/y_0 de la plus forte surpression ξ_M en A à y_0, en fonction de q_0. La courbe comporte une série de discontinuités dont la première ($q_0=0{,}474$ m³/s) correspond à l'apparition des cavitations en A.

On voit que la surpression atteinte au distributeur devient très importante, dans la limite des débits étudiés, pourtant relativement faibles pour une rupture de conduite.

IMMUNOLOGIE. — *Recherches sur les diastases microbiennes. Influence du* pH *des milieux de culture sur l'élaboration des diastases protéolytiques par certains germes.* Note (*) de MM. **Gaston Ramon, Rémy Richou** et **Raoul Kourilsky.**

Dans des communications récentes nous avons montré l'importance de la composition du milieu de culture, du mode et de la température de culture, sur l'élaboration des diastases gélatinolytiques et fibrinolytiques par divers germes ([1]).

(*) Séance du 22 novembre 1954.

([1]) Consulter, à ce propos : R. Richou et R. Kourilsky, *Revue d'Immunologie*, 18, 1954, p. 140. On trouvera dans cet important Mémoire les détails de nos recherches et les techniques utilisées pour mettre en évidence les diastases gélatinolytiques et fibrinolytiques.

Au cours de nouveaux essais, nous avons recherché si les variations du pH des milieux de culture intervenaient également dans la production de ces diastases.

Un certain nombre de souches de *Chromobacterium prodigiosum*, de *Proteus*, de *B. subtilis* et de *P. æruginosa*, ont été ensemencées sur le même milieu de culture (milieu R. A. P.) à base de digestion papaïnique de viande de cheval, ajusté à des pH différents : pH 6,6; pH 7,4; pH 8,4. Après 7 jours de végétation à l'étuve à 26°, les cultures étaient filtrées sur bougies L_2 et les diastases gélatinolytiques et fibrinolytiques titrées, par les méthodes habituelles, dans les filtrats ainsi obtenus.

Nous donnons dans les tableaux suivants quelques-uns des résultats enregistrés :

Titre de la gélatinolysine (en unités gélatinolytiques).

Filtrat de	pH 6,6.	pH 7,4.	pH 8,4.
Chr. prodigiosum n° 2......	+10 000 —30 000	+1 000 —3 000	+ 500 —1 000
» *n°* 9......	+ 3 000 — 5 000	+1 000 —3 000	+1 000 —3 000
Proteus n° 1..............	+ 300 — 500	+1 000 —3 000	+ 500 —1 000
» *n°* 2..............	+ 1 000 — 3 000	+ 500 —1 000	+ 300 — 500
» *n°* 3..............	+ 800 — 1 000	+3 000 —5 000	+1 000 —3 000
» *n°* 4..............	+ 500 — 800	300	+ 300 — 500
» *n°* 5..............	+ 500 — 800	+ 300 — 500	+ 300 — 500
B. subtilis n° 1............	+ 10 — 30	+ 500 —1 000	+ 50 — 100
» *n°* 2............	+ 3 — 10	+ 10 — 30	+ 50 — 100
» *n°* 3............	+ 500 — 1 000	+1 000 —3 000	+ 3 — 10
P. æruginosa n° 1.........	+ 5 000 — 8 000	+5 000 —8 000	+3 000 —5 000

Titre de la fibrinolysine (en unités fibrinolytiques).

Filtrat de	pH 6,6.	pH 7,4.	pH 8,4.
Chr. prodigiosum n° 2......	+50 —100	+10 —30	10
» *n°* 9......	+50 —100	30	+10 —30
Proteus n° 1..............	+ 3 — 10	+10 —30	+ 3 —10
» *n°* 2..............	+10 — 30	+ 3 —10	+ 3 —10
» *n°* 3..............	+10 — 30	+30 —50	+30 —50
» *n°* 4..............	+10 — 30	+ 3 —10	+ 3 —10
» *n°* 5..............	10	10	+10 —30
B. subtilis n° 1............	—1	+10 —30	+ 3 —10
» *n°* 2............	—1	+ 1 — 3	+10 —30
» *n°* 3............	+ 3 — 10	+10 —30	+ 1 — 3
P. æruginosa n° 1.........	+50 —100	+50 —100	+50 —100

Si pH 6,6 pour *Chromobacterium prodigiosum*, pH 7,4 et 8,4 pour *B. subtilis* semblent plus favorables à la production des diastases gélatinolytiques et fibrinolytiques, que les autres pH, le *Proteus* et *P. æruginosa* élaborent, aussi bien à pH 6,6 qu'à pH 7,4 ou à pH 8,4 des quantités relativement importantes de ces diastases.

Ces résultats, complétant ceux que nous avons obtenus antérieurement, permettent donc de fixer les *conditions optima* de production des diastases protéolytiques par des germes tels que *Chromobacterium prodigiosum*, le *Proteus*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas æruginosa*. Ils montrent la nécessité, pour se placer, dans les conditions les plus favorables d'élaboration de ces diastases, d'utiliser non seulement une souche hautement protéolytique, mais encore un milieu de culture particulièrement bien adapté, différent selon les germes et ajusté à un pH moyen de 7,4, l'atmosphère de 80 % d'air et de 20 % de CO_2, la température de 26° et un temps de culture de 6 à 10 jours ([2]). Ils pourront servir de base à l'étude de l'enzymogénèse d'autres germes.

HISTOPATHOLOGIE. — *Étude au microscope électronique des premiers stades de la fibrose dans le granulome silicotique*. Note de MM. **Albert Policard**, **André Collet** et Mme **Lucette Giltaire-Ralyte**.

Dans le granulome silicotique en fibrose, les premières fibrilles de collagène (100 à 200 Å) apparaissent dans la partie superficielle des cellules. Elles sont ensuite exportées dans les espaces intercellulaires où elles se groupent en faisceaux qui constituent les plus fines fibrilles de réticuline visibles au microscope optique.

De la silice amorphe, en particules inférieures à 200 Å, injectée dans la cavité péritonéale de Rats, se fixe en certains points de l'épiploon (taches laiteuses) et y détermine la formation de granulomes réactionnels. En quelques jours, quatre habituellement, de fines fibrilles de réticuline apparaissent à leur niveau. Au microscope optique, après coloration au bleu de méthyle de Mallory, on constate très nettement cette apparition. Ces fibrilles de réticuline évoluent ultérieurement en fibres collagènes. Le granulome cellulaire au début se transforme ainsi en fibrome.

Nous avons essayé de définir au microscope électronique les premiers stades de formation de ces fibrilles de réticuline.

Les granulomes (1 mm environ), de 3, 4 ou 5 jours et plus, étaient fixés dans l'acide osmique de Palade tamponné au véronal, inclus au méthacrylate de butyle et sectionnés en coupes de 0,1 μ. Après léger ombrage à l'or palladium, examen au microscope Philips à des grossissements de 6 000 à 20 000.

Les premières fibrilles sont constatables quatre jours après l'injection dans la cavité péritonéale. Dans les conditions de notre technique, elles ont un diamètre de 100 à 150 Å environ et une longueur indéterminable. Elles ne montrent pas la périodicité habituelle de 640 Å des fibres plus

---

([2]) Nous avons pu constater également, au cours de ces essais, l'influence de la composition du milieu de culture, du pH, etc. sur la chromogénèse de *P. æruginosa* et de *Chr. prodigiosum*.

grosses de collagène. Ces fibrilles paraissent identiques aux « fibrilles primaires » décrites récemment par F. Wassermann [1] dans les foyers de régénération expérimentale des tendons et par S. F. Jackson [2] dans la chondrogenèse et l'ostéogénèse embryonnaire.

La situation des fibrilles par rapport aux cellules est variable et toujours difficile à préciser en raison des altérations montrées par les cellules sous l'influence des particules de silice phagocytées par elles.

Certaines fibrilles sont incontestablement intracellulaires et situées dans la partie périphérique du cytoplasma.

Pour d'autres, il est impossible de préciser si elles sont placées immédiatement sous la membrane cellulaire, mais dans la cellule, ou bien au niveau de la membrane même, ou bien en dehors de celle-ci mais à son contact. Les limites des cellules, toujours anormales, sont difficiles à déterminer exactement. Ce caractère flou des cellules élaborant des fibrilles avait déjà été signalé par Wassermann.

D'autres fibrilles primaires sont incontestablement situées en dehors des cellules, dans les espaces plus ou moins grands qui les séparent les unes des autres. On peut se demander si ces fibrilles extracellulaires n'ont pas été formées dans la cellule et ensuite exportées à l'extérieur. Aucune constatation, cependant, ne nous a permis d'affirmer ou d'infirmer une telle explication.

En tous cas, le groupement en fascicules plus gros de ces fibrilles primaires d'abord isolées paraît se faire exclusivement à la surface de la cellule ou en dehors d'elle, dans le milieu intercellulaire. A ce point de vue, il paraît raisonnable de distinguer deux processus très différents, la genèse des fibrilles primaires, pouvant se faire dans l'intérieur de la cellule, au niveau de ses couches superficielles, et, d'autre part, le groupement de ces fibrilles en fibres plus grosses, cette transformation se faisant en dehors des cellules. On peut, semble-t-il, considérer comme distincts les mécanismes de ces deux processus.

Les conditions de notre technique ne nous ont pas permis de déterminer comment se formaient les fibrilles primaires de 100-200 Å dans le cytoplasma. En particulier nous n'avons pas encore pu les rapporter à des alignements de grains. Par ailleurs, nous n'avons pu non plus établir un rapport entre la formation des fibrilles et certaines structures du cytoplasma. Ce point échappe encore.

Par contre, le mécanisme de formation des fibrilles de réticuline, à la limite de la visibilité au microscope optique, apparaît nettement. Elles sont formées par l'accolement en faisceaux des fibrilles primaires de 100-200 Å.

---

(1) *Amer. J. Anat.*, 94, 1954, p. 399.
(2) *Nature*, 173, 1953, p. 950.

La réalité d'une telle origine est démontrée par la constatation d'effilochements des fibres de réticuline et fibrilles primaires. Cet effilochement est certainement d'origine technique, mais il démontre nettement le processus d'aggrégation latérale des fibrilles primaires. Nous pouvons ainsi confirmer les observations de Wassermann.

On notera que, d'une façon générale, nos résultats confirment les hypothèses des anciens histologistes comme C. C. Hansen ([3]), F. P. Mall ([4]), F. K. Studnicka ([5]), etc.

M. **Pierre Pruvost** fait hommage à l'Académie du tome VIII des *Annales Hébert et Haug. Travaux du Laboratoire de géologie de la Faculté des sciences de l'Université de Paris*, pour lequel il a écrit un *Avant-propos*.

M. **George Polya** adresse en hommage à l'Académie un Ouvrage qu'il vient de publier : *Mathematics and Plausible Reasoning :* Volume I : *Induction and analogy in Mathematics;* Volume II : *Patterns of Plausible Inference.*

M. **René Thiry**, adresse en hommage à l'Académie le tome cinquième, par lui mis à jour, du *Traité de mécanique rationnelle de* Paul Appell : *Éléments de calcul tensoriel. Applications géométriques et mécaniques.* Deuxième édition.

M. **Detlev Bronk**, Correspondant de l'Académie, Président de la National Academy of sciences de Washington, signale que cette Académie, en présence du succès de la première série des bourses qu'elle avait offertes il y a un an à cent cinquante chercheurs européens pour leur permettre de venir aux États-Unis poursuivre leurs recherches avec des savants américains, a décidé d'en offrir encore trente-cinq.

De nouveaux remercîments seront exprimés à l'Académie américaine dont la proposition sera portée à la connaissance du Centre National de la Recherche Scientifique et des Facultés scientifiques des Universités françaises.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Chimie, en remplacement de M. *Pierre Jolibois*, décédé.

([3]) *Anat. Anz.*, 15, 1899, p. 151.
([4]) *Amer. J. Anat.*, 1, 1902, p. 329.
([5]) *Anat. Anz.*, 22, 1903, p. 537.

Le scrutin donne les résultats suivants :

	1er tour	2e tour
Nombre de votants	77	78
	Nombre de suffrages.	
M. Georges Chaudron	32	43
Mme Irène Joliot-Curie	24	25
M. Georges Dupont	18	10
M. Jean Roche	2	
M. Georges Champetier	1	

M. **Georges Chaudron** ayant obtenu la majorité absolue des suffrages est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Émile Borel** et **Jean Chazy** sont désignés pour représenter l'Académie aux Cérémonies qui auront lieu à Berne, du 11 au 17 juillet 1955, à l'occasion du cinquantième anniversaire de la Théorie de la Relativité.

MM. **Charles Jacob**, **Gaston Julia**, **Albert Caquot** et **Émile-Georges Barrillon** sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu Salle d'Iéna, à Paris, le 17 décembre 1954, au cours de laquelle la **Compagnie Nationale du Rhône**, désirant s'associer à l'hommage rendu à **Henri Poincaré** à l'occasion du centième anniversaire de sa naissance, annoncera que son nom sera donné à la Centrale hydro-électrique de Chateauneuf du Rhône, actuellement en construction.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Maurice Janet. *Précis de calcul matriciel et de calcul opérationnel.*

2° Académie des sciences de l'U.R.S.S. Société botanique de l'U.R.S.S. *Essais de Botanique.* I et II.

3° Conservatoire national des arts et métiers. Mémoires et travaux. *Étude de la propagation de la chaleur en régime variable à travers un mur d'épaisseur finie*

pour des impulsions quelconques. Application du calcul opérationnel. Utilisation du « produit de composition », par FRANÇOIS TRÈVES. Préface de MARCEL VÉRON.

4° *Électricité et optique. La lumière et les théories électrodynamiques. Leçons professées à la Sorbonne en* 1888, 1890 *et* 1899, par HENRI POINCARÉ. Deuxième édition, revue et complétée par JULES BLONDIN et EUGÈNE NECULCÉA.

5° Mémorial des sciences physiques. LVIII. *Propriétés magnétiques des lames métalliques minces*, par ANTOINE COLOMBANI.

6° *Axiomatique intuitionniste sans négation de la géométrie projective*, par Mlle N. DEQUOY.

7° Comision nacional de Astronomia (Madrid). *Publicacion* n° 1.

8° Une série de tirages à part de leurs travaux, adressés par M. HENRY DES ABBAYES et M. VICTOR THÉBAULT.

ALGÈBRE. — *Sur la caractérisation des groupes par certaines propriétés de leurs relations d'ordre*. Note (*) de M. **GABRIEL THIERRIN**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Nous montrons que les groupes sont les semi-groupes dont les relations d'ordre régulières à droite sont simplifiables à droite. De même, les groupes sont les semi-groupes dont les relations d'ordre simplifiables à droite sont régulières à droite (1).

THÉORÈME I. — *Pour qu'un semi-groupe* S *soit un groupe, il faut et il suffit que ses relations d'ordre régulières à droite soient simplifiables à droite.*

On sait que la condition est nécessaire. Montrons qu'elle est suffisante. Pour cela, établissons d'abord que S est globalement idempotent, c'est-à-dire que l'on a $S^2 = S$. Supposons que $S^2 \subset S$ et soit $P = S - S^2$, Considérons la relation d'ordre α définie de la manière suivante : Si $a \neq b$, on a $a \leqq b$ si et seulement si $a \in S^2$, $b \in S^2$, et s'il existe t tel que l'on ait $a = tb$. Cette relation d'ordre α est régulière à droite, car $ax \in S^2$, $bx \in S^2$, $ax = tbx$. D'après l'hypothèse, α est simplifiable à droite. Or si $p \in P$, on a $p^2 \in S^2, p^3 \in S^2, p^3 = p.p^2$. Donc $p^3 \leqq p^2$ et $p^2 \leqq p$, ce qui est impossible puisque $p \notin S^2$. Par conséquent $S = S^2$.

Le semi-groupe S possède un élément neutre. En effet, supposons que S ne contienne pas d'élément neutre et soit $m \in S$. Si W_m désigne le résidu à droite (2) de l'élément m, on a $m \in W_m$, car sinon il existerait x tel que

(*) Séance du 22 novembre 1954.

(1) Rappelons qu'une relation R définie dans un demi-groupe D est régulière à droite, si aRb entraîne $axRbx$ pour tout $x \in D$. Une relation R est simplifiable à droite, si $ayRby$ entraîne aRb. Toutes les relations d'ordre considérées ici sont des relations d'ordre partiel, c'est-à-dire des relations réflexives, propres et transitives. La notation employée étant $\leqq$, nous avons donc toujours $x \leqq x$. Voir P. DUBREIL, *Algèbre*, 2e édition, 1954 (Gauthier-Villars), Paris.

(2) *Cf.* P. DUBREIL, *Mém. Acad. Sc.*, 63, 1941, p. 1-52.

$mx = m$, et l'élément x serait élément neutre de S, puisque S est un semi-groupe. Considérons la relation d'ordre β définie de la manière suivante : Si $a \neq b$, on a $a \leqq b$ si et seulement si $a \in W_m$ et s'il existe t tel que $a = tb$. La relation β est régulière à droite, car, W_m étant un idéal à droite, on a $ax \in W_m$, $ax \in tbx$. Par conséquent, β est simplifiable à droite. Comme $S = S^2$, on a $m = m_1 m_2 m_3$. D'où $m_1 m_2 m_3 \leqq m_2 m_3$ et $m_1 m_2 \leqq m_2$. Le $m_1 m_2 \neq m_2$ suit $m_1 m_2 \in W_m$, ce qui est impossible. Donc S possède un élément neutre e.

Le semi-groupe S est un groupe. En effet, désignons par U l'ensemble des éléments u de S tels qu'il existe u' vérifiant l'égalité $uu' = e$. Cet ensemble U est un groupe. Si $U \subset S$, posons $T = S - U$. L'ensemble T est un idéal bilatère de S. Considérons alors la relation d'ordre γ définie de la manière suivante. Si $a \neq b$, on a $a \leqq b$ si et seulement si $a \in T$, $b \in T$, et s'il existe $t \in T$ tel que $a = tb$. La relation γ est régulière à droite car $ax \in T$, $bx \in T$, $ax = tbx$. Donc γ est simplifiable à droite. De $tut \in T$, $ut \in T$, $tut = t.ut$, suit $tut \leqq ut$ et $tu \leqq u$. D'où $u \in T$, ce qui est impossible. Par conséquent, $U = S$ et S est un groupe.

Corollaire. — *Pour qu'un demi-groupe* D *soit un groupe, il faut et il suffit que ses relations d'ordre régulières à droite soient simplifiables à droite et que ses relations d'ordre régulières à gauche soient simplifiables à gauche.*

On sait que la condition est nécessaire. Pour montrer qu'elle est suffisante, il suffit de montrer que D est un semi-groupe, ce qui est immédiat si nous considérons la relation d'ordre définie par $a \leqq b$ si et seulement si $a = b$.

Théorème 2. — *Pour qu'un semi-groupe* S *soit un groupe, il faut et il suffit que ses relations d'ordre simplifiables à droite soient régulières à droite.*

On sait que la condition est nécessaire. Elle est aussi suffisante. Montrons d'abord que $S = S^2$. En effet, supposons que $S^2 \subset S$ et soit $p \in S - S^2$. Considérons la relation d'ordre μ définie de la manière suivante. Si $a \neq b$, on a $a \leqq b$ si et seulement si $a = p$. La relation μ est simplifiable à droite, car si $ax \leqq bx$, on a nécessairement $ax = bx$, donc $a = b$. D'après l'hypothèse, μ est alors régulière à droite. Soit $x \in S^2$. On a $p \leqq x$, d'où $px \leqq x^2$, ce qui exige $px = x^2$ et $p = x$, contre $p \in S - S^2$. Donc $S = S^2$.

Le semi-groupe S possède un élément neutre. En effet, soit $m \in S$ et supposons que S ne contienne pas d'élément neutre. On a $mS \subset S$, car sinon on aurait $mx = m$ pour au moins un x et x serait élément neutre de S. Posons $V = S - mS$. La relation $ab \in V$ entraîne $a \in V$, puisque, si $a \notin V$, on a $a = my$, $ab = myb$ et $ab \notin V$. Considérons la relation d'ordre ν définie de la manière suivante. Si $a \neq b$, on a $a \leqq b$ si et seulement si $a \in V$ et s'il existe t tel que $a = tb$. La relation ν est simplifiable à droite, car si $ax \neq bx$, $ax \leqq bx$, on a $ax = tbx$ avec $ax \in V$. D'où $a \in V$ et $a = tb$. D'après l'hypothèse, ν est alors régulière à droite. Montrons que V est un idéal à droite. Soit $v \in V$. Comme $S = S^2$, on a $v = v_1 . v_2$. D'où $v \leqq v_2$ et $vx \leqq v_2 x$, avec $vx \neq v_2 x$. Donc $vx \in V$. Comme $m \in V$, on a $mS \subseteq V$, ce qui est impossible. Par conséquent, S contient un élément neutre e.

Le semi-groupe S est un groupe. En effet, soit U le groupe des éléments u de S tels qu'il existe u' vérifiant l'inégalité $uu' = e$. Si $U \subset S$, posons $T_1 = S - U$. Considérons la relation d'ordre ρ définie de la manière suivante. Si $a \neq b$, on a $a \leq b$ si et seulement si $a \in T_1$, $b \in U$. La relation ρ est simplifiable à droite. En effet, soit $ax \leq bx$, $ax \neq bx$, c'est-à-dire $ax \in T_1$, $bx \in U$. On en déduit immédiatement que $b \in U$, $x \in U$. Par conséquent $a \in T_1$, car sinon on aurait ax, $x^{-1}a^{-1} = e$ et $ax \notin T_1$. D'où $a \leq b$. Donc ρ est aussi régulière à droite et l'on a $a^2 \leq ba$. Mais $ba \in T_1$, puisque T_1 est un idéal de S, contre $ba \in U$. Par conséquent, $U = S$ et S est un groupe.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Approximation par des polynomes avec conditions diophantiennes.* II. Note (*) de M. **Michel Fekete**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Reprenons ici le problème de trouver des conditions pour qu'une fonction $f(z)$, continue sur un ensemble E compact du plan z, y puisse être approchée indéfiniment par des polynomes $p(z)$ à coefficients *entiers* d'un corps quadratique imaginaire donné $P(\eta)$, si E appartient à la classe des ensembles dans lesquels *chaque* fonction continue admet des polynomes d'approximation uniforme à coefficients généraux avec toute précision.

2. Rappelons que nos conditions nécessaires pour cette approximabilité diophantienne établies, dans ma Note précédente [1] s'expriment par l'inégalité $\tau(E) < 1$ complétée par l'exigence concernant $f(z)$ qu'elle admette aux points z_ν (en nombre fini en vertu de cette inégalité) qui forment le noyau relatif $N = N(E, P(\eta))$ des valeurs $f(z_\nu)$ tels que le lagrangien $l(z)$ de $f(z)$ relatif aux nœuds z_ν ne possède que des entiers de $P(\eta)$ comme coefficients.

3. Le but de cette Note est de montrer que les deux conditions citées fournissent aussi un système suffisant pour que l'approximation en question soit possible. Nous déduisons ce fait de deux propositions :

A. *Dans l'hypothèse* $\tau(E) < 1$, *il y a des polynomes* $r(z) = z^l + r_l z^{l-1} + \ldots + r$ *à coefficients entiers de* $P(\eta)$, (*la puissance la plus élevée de z ayant* 1 *comme coefficient*) *tels que* $|r(z)| < 1$ *sur* E.

B. *Soit* $s(z) = s_0 + \ldots + s_j z^j + z^{j+1}$ *un polynome de degré* $j+1$ *à coefficients entiers de* $P(\eta)$ *et irréductible dans* $P(\eta)$ *ayant les zéros* $z_0, z_1, \ldots, z_j$. *Alors il y a* $j+1$ *entiers de* $P(\eta)$: $t_0, \ldots, t_j$, *non tous nuls, tels que* $t_0 + t_1 z + \ldots + t_j z^j = t(z)$ *vérifie* $|t(z_k)| < 1$ *pour* $k = 1, \ldots, j$ [*mais* $|t(z_k)| > 0$ *pour* $k = 0, 1, \ldots, j$].

A peut être démontré comme dans le cas spécial $\eta = \sqrt{-1}$ [2]. B s'établit par un raisonnement classique de Kronecker.

(*) Séance du 22 novembre 1954.

[1] *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1337.

[2] M. Fekete, *Math. Ann.*, 96, 1926, p. 410.

4. A implique que $\tau(E) < 1$ suffit pour l'approximabilité désirée *si* $r(z)$ *ne s'annule pas sur* E, donc $N(E, P(\eta)) = \emptyset$. En effet si $r(z) \neq 0$ pour $z \in E$, alors $\varphi(z) = \varphi(z; \alpha) = f(z) r(z)^{-\alpha}$ ($\alpha = 1, 2, \ldots$) est une fonction définie et continue sur E, y admettant des polynomes d'approximation $\pi(z) = \gamma_0 + \ldots + \gamma_m z^m$ à coefficients généraux avec $|\varphi(z) - \pi(z)| < \varepsilon < 1$, d'où $|f(z) - \pi(z) r(z)^\alpha| < \varepsilon |r(z)|^\alpha < \varepsilon$. Or nous obtenons (par exemple par divisions successives) le développement multitaylorien

$$\pi(z) = c_0(z) + c_1(z) r(z) + c_2(z) r(z)^2 + \ldots,$$

les $c_\nu(z)$ étant des polynomes en z de degré $l - 1$ qui admettent des décompositions $c_\nu(z) = a_\nu(z) + b_\nu(z)$ en polynomes du même degré, les $a_\nu(z)$ ayant des coefficients entiers de $P(\eta)$ et les $b_\nu(z)$ étant des polynomes à coefficients généraux de modules $\leqq M = M(\eta)$. Donc $p(z) = r(z)^\alpha \Sigma a_\nu(z) r(z)^\nu$ a des coefficients entiers de $P(\eta)$ et vérifie

$$|f(z) - p(z)| < \varepsilon + M(1 + |z| + \ldots + |z|^{l-1}) |r(z)|^\alpha (1 - |r(z)|)^{-1} < 2\varepsilon$$

sur E, pourvu que $\alpha \geqq \alpha_0(\varepsilon)$.

5. Si par contre $r(z)$ admet des zéros dans E, alors on peut établir l'approximabilité voulue en deux temps : 1° démonstration du fait que $f(z)$ peut être approchée par des polynomes $p(z)$ de la nature exigée sur le sous-ensemble E^* de E formé par les zéros de $r(z)$; 2° construction d'une fonction auxiliaire $\varphi(z)$, continue sur E, telle que l'approximabilité de $\varphi(z)$ par des polynomes $\pi(z)$ *généraux* sur E entraîne la possibilité d'y approcher $f(z)$ par des polynomes *diophantiens*.

6. Soit $r(z) = g(z) h(z) h_1(z)^{p_1} \ldots h_n(z)^{p_n}$ une factorisation telle que les polynomes $g(z)$, $h(z)$, $h_1(z), \ldots, h_n(z)$ possèdent des coefficients entiers de $P(\eta)$ (les puissances les plus élevées de z ont même le coefficient 1); de plus $g(z) \neq 0$ partout dans E, $h(z) = 0$ seulement sur N et les $h_\nu(z)$ s'annulent et dans E — N et dans CE, sont premiers entre eux et irréductibles dans $P(\eta)$. Alors B implique l'existence d'un polynome $\theta(z)$ à coefficients entiers de $P(\eta)$ vérifiant $0 < |\theta(\zeta)| < 1$ pour tous les zéros $\zeta \in E - N$ de $r(z)$ et $\theta(\zeta) = 0$ si $r(\zeta) = 0$ mais $\zeta \in N$. En effet, en appliquant B à $s(z) = h_\nu(z)$ on obtient l'existence de polynomes $\vartheta_\nu(z)$ à coefficients entiers de $P(\eta)$ vérifiant $0 < |\vartheta_\nu(\zeta)| < 1$ pour les zéros $\zeta \in E - N$ de $h_\nu(z)$, d'où

$$\theta(z) = g(z) \{ \vartheta_1(z)^{q_1} h_2(z) \ldots h_n(z) + \ldots + \vartheta_n(z)^{q_n} h_1(z) \ldots h_{n-1}(z) \}$$

aura les propriétés exigées si les entiers positifs q_ν sont assez grands.

7. Soit $\Lambda(z) = \Lambda(z, \alpha)$ le lagrangien de $(f(z) - l(z))\theta(z)^{-\alpha}$ relatif aux zéros $\zeta \in E - N$ de $r(z)$ comme nœuds. Moyennant la méthode du n° 4 [développement multitaylorien de $\Lambda(z)$ par rapport à $\theta(z)$ suivi de la décomposition appropriée de ses coefficients $c_\nu(z)$ en $a_\nu(z) + b_\nu(z)$] on arrive à $p(z) = l(z) + \theta(z)^\alpha \Sigma a_\nu(z) \theta(z)^\nu$ avec $|f(z) - p(z)| < \varepsilon$ sur E^* si $\alpha \geqq \alpha_0(\varepsilon)$.

8. Enfin en définissant $\varphi(z) = \varphi(z, \omega)$ sur E par : I. $\varphi(z) = (f(z) - p(z))r(z)^{-\omega}$ pour $|z - \zeta| > \rho$ avec $\zeta \in E^*$; II. $\varphi(z) \equiv 0$ pour $|z - \zeta| < \rho$ avec $\zeta \in E^*$, conduira à la construction désirée s'il y a des $\rho \downarrow 0$ tels que : 1° les $|z - \zeta| \leqq \rho$ soient disjoints ; 2° les inégalités $|f(z) - p(z)| < \varepsilon$ valables en $z = \zeta \in E^*$ subsistent sur E aussi pour $|z - \zeta| < \rho$; 3° $|r(z)| \Uparrow$ quand $|z - \zeta| \Uparrow \rho$, $\operatorname{arc}(z - \zeta) = \vartheta$; 4° les $|z - \zeta| = \rho$ ne passent par aucun point de E (donc séparent les sous-ensembles compacts de E contenus dans $|z - \zeta| \leqq \rho$ de ceux extérieurs à $|z - \zeta| \leqq \rho$). Si par contre il y a des $\zeta \in E^*$ tels que les $|z - \zeta| = \rho$ coupent E pour des $\rho \leqq \rho_0$, alors II doit être remplacé par : II*a* $\varphi(z) = 0$ en $z = \zeta$; II*b* $\varphi(z) = \psi(\zeta + \rho e^{i\vartheta})\, r(z)\, r(\zeta + \rho e^{i\vartheta})^{-1}$ pour $z \in E$ tels que $0 < |z - \zeta| \leqq \rho$, $\operatorname{arc}(z - \zeta) = \vartheta$, où $\psi(z) = (f(z) - p(z))\, r(z)^{-\omega}$ pour $z \in E$ avec $|z - \zeta| = \rho$, vérifiant $|\psi(z)\, r(z)^{\omega}| \leqq \varepsilon$ partout sur $|z - \zeta| = \rho$.

9. L'approximabilité indéfinie de $\varphi(z)$ pour chaque ω donné par des polynomes à coefficients généraux implique celle de $f(z)$ sous les conditions diophantiennes pour un choix convenable de ω et ε. (Méthode du n° 4.)

THÉORIE DES PROBABILITÉS. — *Sur les moyennes-tenseurs et sur leur application.* Note (*) de M. **Matthias Matschinski**, présentée par M. Émile Borel.

Les moyennes-tenseurs sont un cas particulier des moyennes indirectes. Dans un autre endroit l'auteur les construit de façon analytique et générale. Ici la voie synthétique est choisie et l'on ne considère qu'un cas assez spécial d'une moyenne « elliptique » (*fig.* 3) représentable par les tenseurs. Ce cas est facilement applicable pour introduire les moyennes dans les équations différentielles invariantes (K), (L), (M).

1. Une moyenne directe (ABCD sur la figure 1), qu'elle soit arithmétique, quadratique, géométrique ou autre, qu'elle soit composée d'un nombre fini d'éléments et d'opérations ou qu'elle contienne un passage à la limite, peut toujours être interprétée comme une interpolation des grandeurs $\uparrow$ (*fig.* 1) par une ligne droite horizontale. Une moyenne directe ne se distingue d'une autre que par le choix de la *position* de cette droite, position jugée « plus proche » du point de vue que l'on adopte. Si au lieu d'être arrangées parallèlement les grandeurs $\uparrow$ coïncident avec les rayons-vecteurs (figure 2, où le centre O remplace la ligne OO′ de la figure 1) la ligne d'interpolation qui interprète la moyenne directe, se transformera en cercle ABCD (*fig.* 2). Cette transformation ne nous donne rien de nouveau, les grandeurs $\uparrow$ restent représentées très sommairement. Par exemple en les interchangeant sur la figure 2 on ne changerait ni la position ni le rayon du cercle d'interpolation, ce rayon étant déjà déterminé par le choix de l'espèce de moyenne directe (arithmétique, géométrique, etc.). Le degré suivant d'approximation est la représentation des grandeurs considérées par une ellipse d'interpolation A′B′C′D′ (*fig.* 3), *moyenne*

(*) Séance du 22 novembre 1954.

indirecte. Ici on ne peut plus interchanger les grandeurs ↑ représentées non seulement « algébriquement », mais aussi « géométriquement ».

2. Pour caractériser une ellipse (négligeant le déplacement de son centre) trois valeurs numériques sont nécessaires : *a*, axes principaux et inclinaison; *b*, rayon moyen, excentricité et inclinaison; *c*, trois composantes d'un tenseur, etc. Il n'y a aucune différence essentielle entre ces différents groupes de caractéristiques; dans tous ces cas une seule valeur numérique de ces trois paramètres

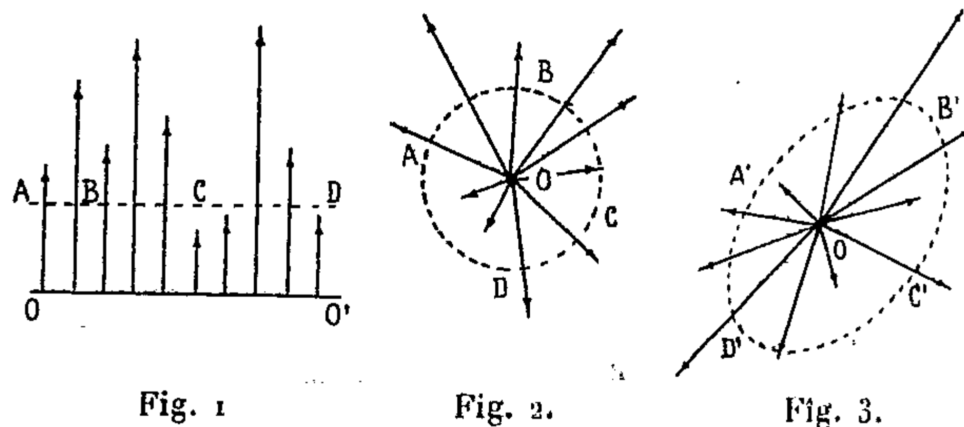


Fig. 1 Fig. 2. Fig. 3.

ne caractérise rien, c'est leur ensemble, imaginé comme une ellipse, qui est la *moyenne.* Cependant pour avoir les meilleures possibilités de généralisation et pour faciliter les applications, il convient de choisir pour la moyenne « elliptique » les caractéristiques tensorielles. L'application du simple procédé des figures 2 et 3 à une série de grandeurs essentiellement scalaires n'est qu'un artifice, tandis que pour une série de vecteurs ce procédé est une nécessité presque inévitable. C'est-à-dire la moyenne « elliptique » pour un ensemble des vecteurs qui sont attachés à un point O par exemple dans l'espace et dans le temps, est un tenseur symétrique du deuxième ordre (ellipse dans le plan, ellipsoïde dans l'espace, etc.). De même manière pour l'ensemble des tenseurs qui sont attachés à un point O, on a deux ellipses dans le cas d'un plan, deux ellipsoïdes dans le cas de l'espace tridimensionnel, etc.; en général on a un tenseur du troisième ordre. Enfin, cette espèce des moyennes pour un ensemble scalaire proprement dit (tenseur de l'ordre zéro), ensemble qui ne peut pas être soumis à l'opération du genre $1 \rightarrow 3$ est un vecteur, soumis à une condition analogue à celle que les tenseurs-moyennes soient symétriques. Ainsi on peut énoncer une règle générale. *La moyenne « elliptique » d'un tenseur d'ordre n est un tenseur d'ordre* $n+1$. D'où l'expression moyennes-tenseurs.

3. Il semble que l'idée des moyennes-tenseurs, des moyennes « elliptiques » est neuve. Cependant elle a les racines dans les développements des mathématiques. C'est aussi que l'on peut citer les ellipses de dispersion en statistique (en astronomie, en artillerie, etc.). On a aussi employé des formes analogues dans les études sur les courants telluriques. L'auteur lui-même les a introduites dans la description de champs magnétiques et électromagnétiques. Cependant la plupart de ces exemples n'ont qu'une ressemblance plutôt formelle avec la généralisation ici introduite. Il y a d'autres raisons pour introduire les moyennes-tenseurs : montrons en effet qu'elles ont des

propriétés très commodes qui permettent de les appliquer aux équations différentielles invariantes sans calculs intermédiaires. Soit ED_n une telle équation dans un espace Δ_n à n dimensions et ET_n l'équation correspondante pour les tenseurs-moyennes. Lesdites propriétés découlent des considérations suivantes : (a) si ED_n est invariante et (b) si pour une ED_n donnée une ET_n existe, elle (A) est aussi invariante, (B) dégénère dans Δ_{n-1} en ET_{n-1} correspondant à ED_{n-1}, et (C) ne contient que des dérivées du même ordre que ED_n. Considérons par exemple $\operatorname{div} q$ comme un élément invariant d'une ED_n. Soient : q un vecteur dans ED_n, $M_{[q]}$ le tenseur-moyen qui lui correspond, div_n et div_n^* divergences vectorielle et tensorielle dans Δ_n. Si l'on a par exemple un invariant scalaire $\operatorname{div}_2 q$ dans DE_2 on doit avoir un invariant vectoriel composé des dévivées $\partial M_{ij} : \partial x$, $\partial M_{ij} : \partial y (i, j = 1, 2)$ dans E_2. Il y deux tels vecteurs, mais un seul d'entre eux, à savoir $(\partial M_{11} : \partial x + \partial M_{12} : \partial y, \partial M_{12} : \partial x + \partial M_{22} : \partial y) = \operatorname{div}_2^* M_{[q]}$ dégénère en $\partial M_{11} : \partial x$ ou $\partial M_{22} : \partial y$ pour $n = 1$. De même, considérant $\operatorname{div}_3 q$ en ED_3, on est amené par la condition que la forme correspondante en ET_2 doit dégénérer en $\operatorname{div}_2^* M_{[q]}$, à (F) $\operatorname{div}_3 q \rightarrow \operatorname{div}_3^* M_{[q]}$, etc.

§ 4. Les considérations (a), (b), (A), (B) et (C) nous permettent d'établir les correspondances pour des autres invariants différentiels (G): $\operatorname{rot}_n q \rightarrow \operatorname{rot}_n^* M_{[q]}$, (H) $\operatorname{grad}_n \varphi \rightarrow \operatorname{grad}_n^* M_{[\varphi]}$, (I) $dq : dt|_n \rightarrow dM_{[q]}\, dt|_n^*$, etc., et en général (J) Inv. diff. $q \rightarrow$ Inv. diff.* $M_{[q]}$. Ici t est le temps, φ, une grandeur scalaire, *, un indice ajouté pour marquer une opération tensorielle. *L'équivalence* (J) *a lieu non seulement pour les invariants et les équations linéaires mais aussi pour les non-linéaires*, par exemple pour la dérivée « totale » (I), pour la condition de plasticité, etc. Le cas (I) est spécialement important. Ici l'introduction des moyennes directes est, comme on le sait, impossible sans hypothèse. Au contraire, on obtient l'équation pour $M_{[q]}$ immédiatement. Voici les ET pour quelques cas particuliers : (L) liquides parfaits : $\operatorname{grad}^* M_{[p]} = - M_{[\rho]} . dM_{[v_k]} : dt|^*$, $\operatorname{div}^* (M_{[\rho]} . M_{[v_k]}) = - \partial M_{[\rho]} : \partial t$; (K) corps élastiques : $M_{[X_{ij}]} = a_{ii}^{[kl]} . M_{[x_{ij}]}$, $\operatorname{div}^* M_{[X_{ij}]} = \rho\, d^2 M_{[u_i]} : dt^2|^*$, (M) champs électromagnétiques, soit :

$$\operatorname{rot}^* M_{[E]} = - \mu\, dM_{[H]} : dt|^*, \quad \operatorname{rot}^* M_{[H]} = \varepsilon\, dM_{[\mu]} : dt|^*,$$

soit :

$$\operatorname{rot}^* M_{[E]} = - M_{[\mu]} . dM_{[H]} : dt|^*, \quad \operatorname{rot}^* M_{[H]} = M_{[\varepsilon]} . dM_{[E]} : dt|^*$$

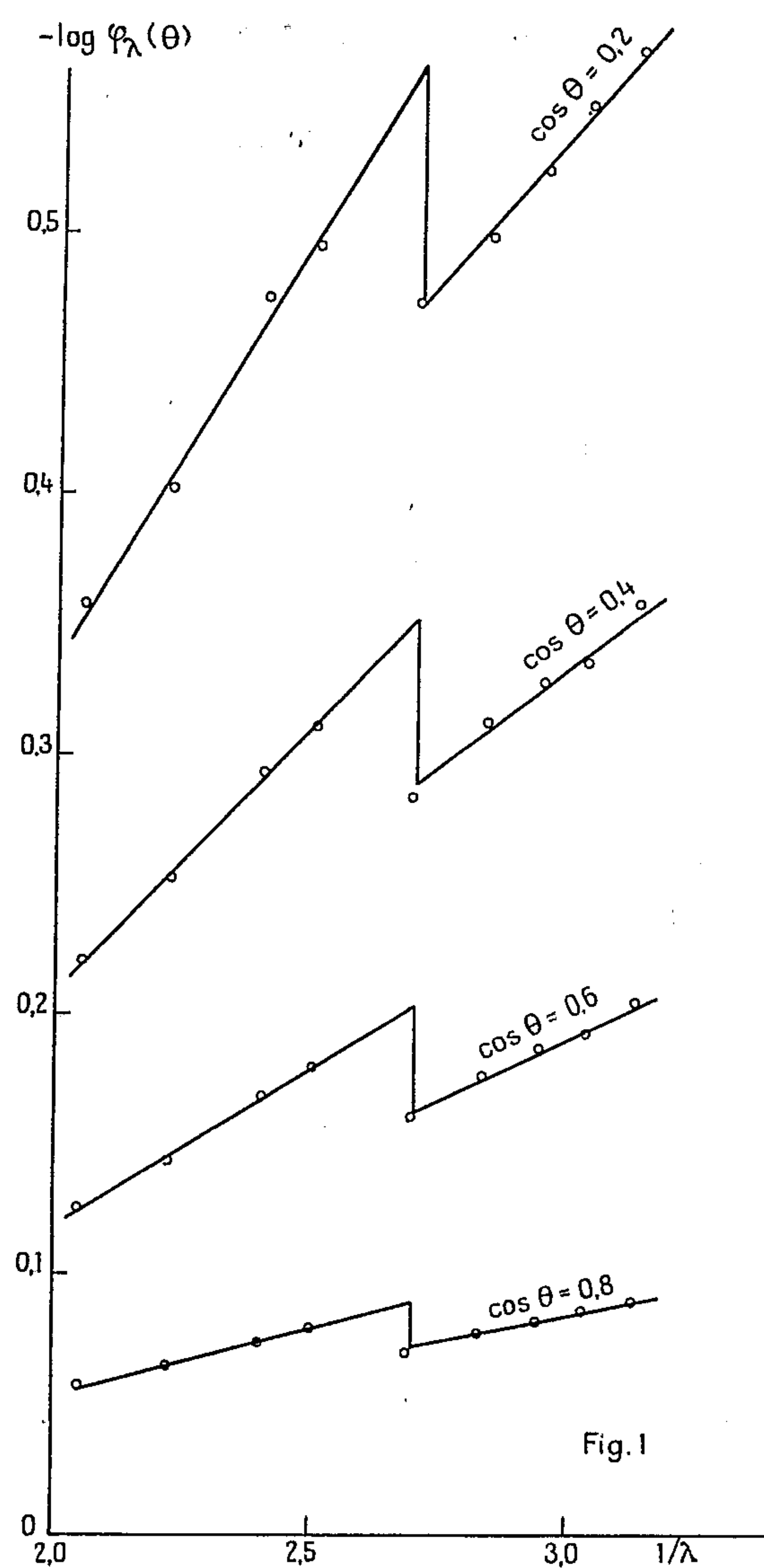
(p, pression ; ρ, densité ; $v_k = du_k : dt$, vitesses ; X_{ij} et x_{ij}, tenseurs de tensions et de déformations ; E et H, vecteurs du champ électrique et magnétique ; ε, constante diélectrique).

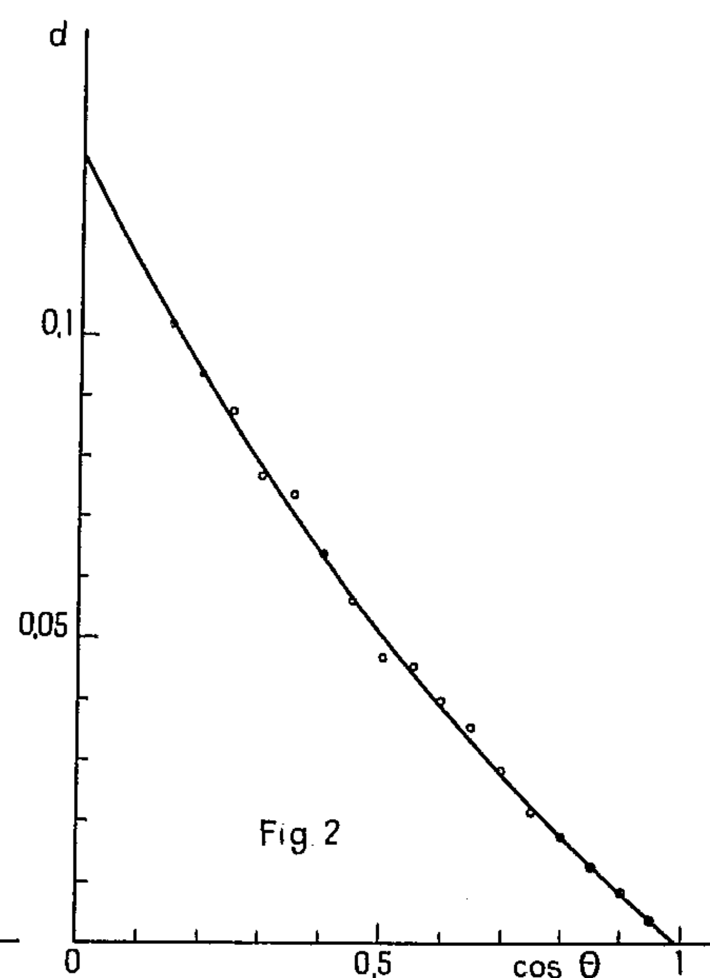
ASTROPHYSIQUE. — *Sur la variation de la discontinuité de Balmer entre le centre et le bord du disque solaire.* Note (*) de M. **Roger Peyturaux**, transmise par M. André Danjon.

A partir de mesures de l'assombrissement centre-bord du Soleil, on détermine le logarithme de la discontinuité de Balmer pour différents points et par extrapolation pour le centre du disque solaire.

(*) Séance du 22 novembre 1954.

A partir de résultats de mesures d'assombrissement que nous avons présentés dans une Note précédente (¹) et qui seront publiés prochainement, nous avons étudié la variation de la discontinuité de Balmer entre le centre et le bord du disque solaire.





On possède $\varphi_\lambda(\theta) = I_\lambda(\theta)/I_\lambda(o)$ pour différentes valeurs de θ. A 3700 Å, longueur communément adoptée pour la position de la discontinuité, on peut avoir $d = \log[(\varphi_{3700} + (\theta))/(\varphi_{3700} - (\theta))]$. En extrapolant la courbe $d(\cos\theta)$ jus-

(¹) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1867.

qu'à $\cos\theta = 0$ on en déduit

$$D = \log \frac{I_{3700} - (0)}{I_{3700} + (0)}.$$

Cette quantité a déjà été déterminée par Canavaggia, Chalonge, Egger, Moreau, Oziol-Peltey [2] à partir de mesures relatives de l'énergie au centre du disque solaire.

Pour obtenir d, on porte sur un graphique $\log \varphi_\lambda(\theta)$ en fonction de $1/\lambda$. La courbe se compose de deux segments de droite si le domaine spectral est assez étroit (*fig.* 1).

La variation de d en fonction de $\cos\theta$ est indiquée sur la figure 2.

L'extrapolation a été effectuée en représentant $d(\cos\theta)$ par la formule

$$a + b\cos\theta + c\cos^2\theta.$$

Ceci est justifié car la courbure de la courbe est faible.

On trouve

$$D = 0{,}128 \pm 0{,}002.$$

Les auteurs cités plus haut ont trouvé

$$D = 0{,}125 \pm 0{,}03.$$

On voit que l'accord est aussi bon que possible. La méthode actuelle semble donner un résultat plus précis.

ASTROPHYSIQUE. — *Influence du spectre de raies Lyman sur la structure de certaines atmosphères stellaires*. Note de M. **Roger Cayrel**, présentée par M. André Danjon.

Dans les étoiles A et les étoiles B, l'intensité centrale des raies de Balmer suggère une température de surface beaucoup plus basse que celle du cas gris. Le spectre de raies Lyman de l'hydrogène est invoqué, en sus du continu Lyman, pour expliquer cette particularité.

Dans une Note précédente, on a montré quel rôle jouaient les domaines spectraux de forte absorption dans la structure d'une atmosphère stellaire en équilibre radiatif. Il importe de remarquer que si l'on prévoit un notable abaissement de la température de surface par rapport au cas gris dans le cas des étoiles froides, riches en raies, et dans le cas des étoiles chaudes, à cause de l'absorption continue Lyman, le cas des étoiles de température moyenne reste à considérer. Dès le type B_2 le continu Lyman n'intervient que de façon peu efficace car il intercepte un domaine spectral dans lequel la fonctiou source est très petite. On pourrait donc penser qu'un modèle gris serait plus correct pour

(2) *Ann. d'Astroph.*, 13, 1950, p. 355-361.

une étoile B_2 ou B_3 que pour une étoile B_0... Or, l'observation montre qu'il n'en est rien. Les profondeurs centrales des raies de Balmer vont en augmentant rapidement des étoiles B aux étoiles A et ne sont pas compatibles avec une augmentation du rapport T_0/T_{eff} quand on suit cette séquence.

Nous suggérons que ces faibles températures de surface soient dues à une absorption dans des *raies* situées au voisinage du maximum de la fonction source. En particulier, les raies Lyman de l'hydrogène doivent être retenues. Le premier état quantique de l'atome d'hydrogène est de 100 à 2 000 fois plus peuplé que le second, responsable de raies de Balmer, pour des températures allant de 20 000° K à 12 000° K respectivement. L'on conçoit alors facilement que les raies Lyman, élargies par effet Stark, constituent à elles seules un véritable continu. Elles se recouvrent largement jusqu'à Lyman β (1026 Å) et les ailes de Lyman α (1216 Å) peuvent s'étendre sur plus de 150 Å. Il en résulte que l'on doit admettre que le continu Lyman s'étend non jusqu'à 912 Å mais au moins jusqu'à 1026 Å et tenir compte de l'absorption de Lyman α dans le coefficient d'absorption continue. Cette absorption supplémentaire joue d'après une Note antérieure ([1]) un rôle déterminant dans la structure des couches supérieures de l'atmosphère et produit un abaissement de la température de surface.

A cause du déplacement du maximum de la fonction source vers les grandes longueurs d'onde quand la température s'abaisse, les raies de Balmer, quoique moins intenses que les raies Lyman, influent sur le modèle autant que ces dernières à partir du type A_0 environ.

ASTROPHYSIQUE. — *Relations entre les plages faculaires et les raies de la couronne.* Note de M. **Georges Laborde**, présentée par M. André Danjon.

Ce travail porte sur des clichés pris par Lyot au Pic du Midi, à l'aide du coronographe. Nous avons montré que les variations d'intensité des raies coronales suivaient les variations d'intensité des plages faculaires. Les raies étudiées sont $\lambda \doteq$ 5 303, 6 374, 6 702, 7 892, 10 747 et 10 798 Å.

Méthode employée. — Lyot avait utilisé un spectrographe dont la fente circulaire était placée à 40″ du bord solaire ([1]).

Les clichés n'ayant pas été étalonnés, seules ont été faites des mesures de densité des raies coronales. Pour chaque journée d'observations nous avons tracé une série de courbes donnant, en fonction de la latitude, la densité des diverses raies coronales photographiées.

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1354.

([1]) *Monthly Notices*, 99, 1939, p. 580.

D'autre part, à l'aide des Cartes Synoptiques ([2]) nous avons déterminé, aux diverses latitudes, *l'intensité résultante* P des plages faculaires des deux hémisphères, visible et invisible et construit la courbe correspondante. La contribution à *l'intensité résultante* P en un point du limbe d'un élément de plage est fonction de sa surface, de son intensité — il s'agit ici de l'intensité fournie par les Cartes Synoptiques — et de sa distance au bord. Le coefficient que nous avons introduit pour tenir compte de cette distance décroît d'ailleurs très vite quand on s'éloigne du bord : négligeable à 30°, à 15° il est inférieur à 25 % de sa valeur au bord.

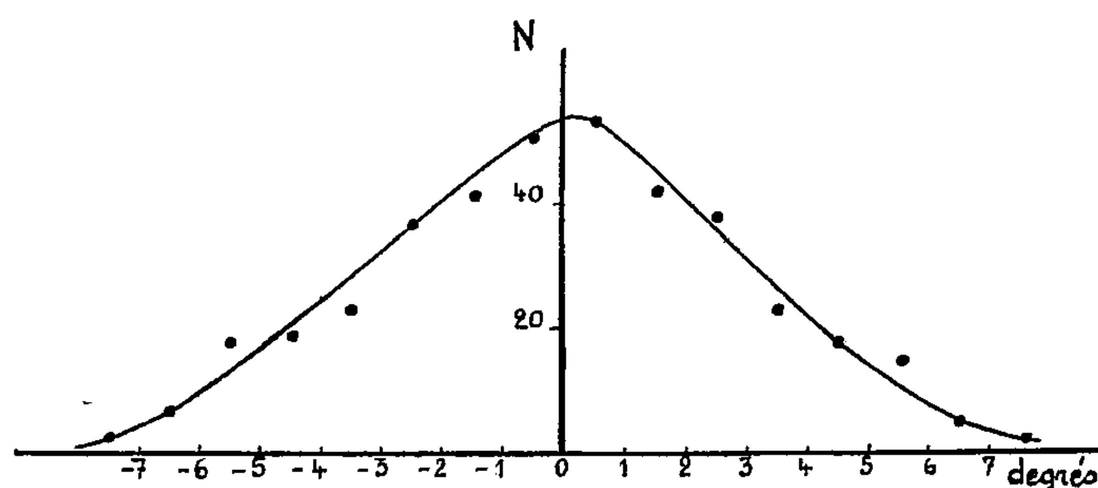


Fig. 1. — Dispersion des écarts en latitude entre les maxima des plages et ceux de la couronne. (En ordonnées : N, nombre d'écarts en latitude sur chaque intervalle d'un degré.)

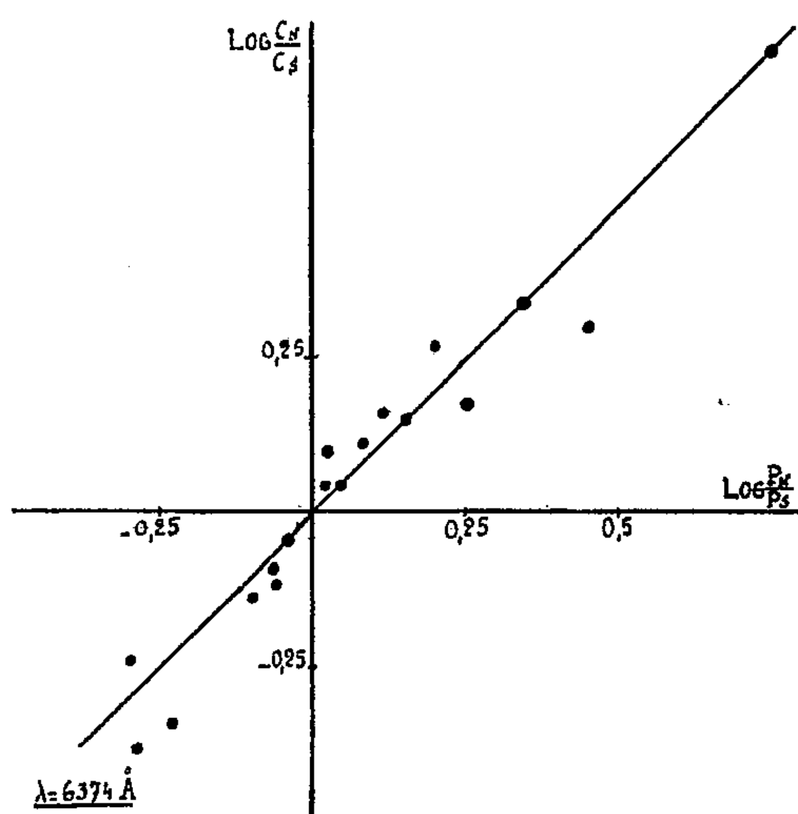


Fig. 2.

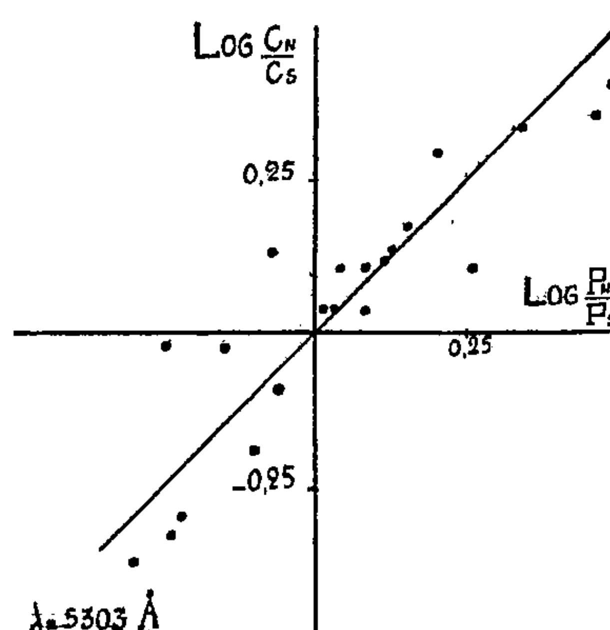


Fig. 3.

Résultats obtenus. — 1° Pour une même journée d'observations, les courbes de densité des raies coronales présentent une grande analogie avec la courbe donnant *l'intensité résultante* P des plages. En particulier

([2]) L. d'Azambuja et R. Servajean, *Cartes Synoptiques de la Chromosphère solaire*, 1936, 1937.

les maxima coïncident pratiquement en latitude; l'étude des écarts observés, faite sur 225 mesures, montre que ces derniers présentent tous les caractères d'erreurs accidentelles.

2° Nous avons ensuite calculé par intégration des courbes la moyenne des ordonnées, dans l'hémisphère nord et dans l'hémisphère sud, pour les raies coronales et pour les plages. C_N et C_S représentant l'aire relative à la raie coronale pour les hémisphères nord et sud, P_N et P_S les grandeurs analogues pour les plages faculaires, nous avons porté en abscisses $\log P_N/P_S$ et en ordonnées $\log C_N/C_S$. La considération de tels rapports a pour avantage de permettre la comparaison des divers clichés entre eux.

Nous ne donnons que les graphiques obtenus pour $\lambda = 5\,303$ Å et $\lambda = 6\,374$ Å; ceux relatifs aux autres raies étudiées font apparaître une corrélation analogue.

Nous pouvons conclure que la répartition des intensités des raies coronales au bord solaire est étroitement liée à celle des intensités des plages faculaires voisines du bord.

RELATIVITÉ. — *Sur l'approximation des équations de la Relativité générale pour un champ quasi galiléen.* Note (*) de Mme **Françoise Hennequin**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous nous proposons de rechercher des développements limités des solutions des équations d'Einstein et d'écrire les équations du mouvement d'un corps placé dans un champ quasi galiléen.

Un espace temps sera dit quasi galiléen s'il est régulier (1) s'il présente un comportement asymptotique euclidien (2) et si les potentiels admettent des développements limités suivant les puissances de $1/c^2$ (c, vitesse de la lumière) dans les premiers termes sont les potentiels de Minkowski.

Prenons pour inconnues les densités tensorielles (3) $G^{\lambda\mu} = \sqrt{-g}\,g^{\lambda\mu}$ et posons :

$$G^{00} = \frac{1}{c} + \frac{4U^{00}}{c^3} + \frac{4S^{00}}{c^5},$$

$$G^{0i} = \frac{4U^{0i}}{c^3} + \frac{4S^{0i}}{c^5},$$

$$G^{ij} = -c\,\delta^i_j + \frac{4U^{ij}}{c} + \frac{4S^{ij}}{c^3}.$$

(*) Séance du 22 novembre 1954.

(1) A. Lichnerowicz, *Thèse*, Paris, 1939, p. 37.

(2) A. Lichnerowicz, Cours professé au Collège de France, 1952-1953, p. 139.

(3) Nous avons calculé les potentiels correspondants que nous indiquerons ailleurs.

Les équations du champ sont

$$R^{\alpha\beta} - \frac{1}{2} g^{\alpha\beta} R = \chi \left[\rho u^\alpha u^\beta + \frac{p}{c^2}(u^\alpha u^\beta - g^{\alpha\beta}) \right] = \varkappa T^{\alpha\beta}$$

ρ et p étant différents de zéro dans un nombre fini de domaines bornés $D_a, \ldots, D_n$. Ces domaines sont supposés petits devant leurs distances mutuelles ce qui permet de définir une vitesse moyenne v_a de composantes $\dot{a}^i$ pour le corps D_a.

Les équations de conservation ont pour conséquence :

$$\nabla_\alpha(\rho u^\alpha) + \frac{p}{c^2} \nabla_\alpha u^\alpha = 0, \qquad \text{soit} \qquad \frac{d}{dt}(\rho u^0 \sqrt{-g}) + \frac{p}{c^2} \frac{d}{dt}(u^0 \sqrt{-g}) = 0.$$

Posons $m = PU^0 \sqrt{-g}$. Pour un schéma matière pure $(dm/dt) = 0$ la masse m est conservative. Pour un schéma fluide parfait quasi galiléen $(dm/dt) = [O(1/c^4)]$.

Nous obtenons les équations du mouvement de D_a en intégrant $\nabla_\alpha T_i^\alpha \sqrt{-g} = 0$ sur le volume de D_a :

$$\frac{d}{dt} \int_{D_a} T_i^0 \sqrt{-g}\, dV = \frac{1}{2} \int_{D_a} \partial_i g_{\alpha\beta} T^{\alpha\beta} \sqrt{-g}\, dV.$$

Nous avons choisi des coordonnées isothermes ([4]) définies par

$$F^\lambda \equiv - g^{\alpha\beta} \Gamma^\lambda_{\alpha\beta} = \frac{1}{\sqrt{-g}} \partial_\alpha (g^{\alpha\lambda} \sqrt{-g}) = 0.$$

Nous obtenons alors les équations suivantes :

$$\frac{1}{2} g^{\lambda\mu} \partial_{\lambda\mu} G^{\alpha\beta} - \gamma^\lambda \partial_\lambda G^{\alpha\beta} + G^{\alpha\beta} \left[\frac{\gamma^\lambda \gamma_\lambda}{2} + \frac{1}{4} \partial_\lambda g^{\mu\nu} \Gamma^\lambda_{\mu\nu} \right] - \sqrt{-g}\, \Gamma^\alpha_{\lambda\mu} \Gamma^\beta_{\rho\sigma} g^{\lambda\rho} g^{\mu\sigma} = \varkappa \sqrt{-g}\, T^{\alpha\beta}.$$

La première approximation donne

$$U^{00} = \sum_a u_a, \qquad U^{0i} = \sum_a u_a \dot{a}^i, \qquad U^{ij} = 0,$$

avec

$$\Delta u_a = -4\pi f m_a = -\frac{\varkappa c^2}{2} m_a,$$

$\sum_a$ indique que la sommation est étendue à tous les D_i; m_a désigne la masse relative à un point de D_a.

Bornons-nous au calcul des $S^{\alpha\beta}$ nécessaires pour écrire les équations du mouvement à la seconde approximation

$$S^{00} = \frac{7}{4} U^{00^2} + \frac{1}{2} \sum_a u_a v_a^2 + f - \frac{g}{2}, \qquad \sum_l S^{ll} = \sum_a u_a v_a^2 + \frac{U^{00^2}}{4} + l - \frac{g}{2}$$

avec

$$\Delta f = \frac{\partial^2 U^{00}}{dt^2}, \qquad \Delta g = U^{00} \Delta U^{00}, \qquad \Delta l = -4\pi f(3p).$$

([4]) G. Darmois, *Mémorial des Sciences mathématiques*, 25, p. 18.

La valeur de u_b en un point de D_a varie peu, soit $u_{b(a)}$ sa valeur moyenne. Soit $M_a = \int_{D_a} m_a \, dV$. $\sum'_a$ indique une sommation étendue à tous les corps excepté a. Les équations du mouvement sont :

$$M_a \frac{d}{dt}\left[\dot{a}^i\left(1 + \frac{v_a^2}{2c^2} + \frac{3}{2c^2}\sum_a{}' u_{b(a)}\right) - \frac{4}{c^2}\sum_a{}' \dot{b}^i u_{b(a)}\right] - \frac{d}{dt}\frac{\dot{a}^i}{c^2}\int_{D_a}(m_a u_a - p)\,dV$$
$$= M_a \partial_i U^{00} + \frac{M_a}{c^2}\left[v_a^2\left(\frac{3}{2}\Sigma' \partial_i u_{b(a)} - \partial_i u_a\right) + \frac{3}{2}\sum_a{}' u_{b(a)} v_b^2 - 4\dot{a}^j \sum_a{}' \dot{b}^j \partial_i u_{b(a)}\right]$$
$$+ \frac{1}{c^2}\int_{D_a} m_a[\partial_i(f - g + l) - U^{00}\partial_i U^{00}]\,dV + \frac{1}{c^2}\int_{D_a} 3p\,\partial_i U^{00}\,dV.$$

Dans le cas où les corps présentent la symétrie sphérique ces formules se simplifient. Elles diffèrent cependant de celles de Papapetrou (5) qui a fait les calculs dans ce cas en utilisant une masse légèrement différente.

Nous remarquerons que la condition d'isothermie est vérifiée avec la même approximation en vertu des équations du mouvement.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie générale des propagateurs*. III. Note (*) de MM. **Hiroomi Umezawa** et **Antoine Visconti**, présentée par M. Louis de Broglie.

Utilisant les résultats de deux Notes précédentes I et II (1), les équations renormalisées, différentes de celles de Bethe-Salpeter, pour la diffusion électron-électron (nucléon-nucléon), formules II [(1), (2) et (3)] et photon-électron (méson-nucléon), formules III [(1), (2) et (3)] sont simultanément étudiées au moyen d'une résolvante commune.

1. En utilisant pour les propagateurs les mêmes notations que dans la Note I, la diffusion Compton est définie par le système

$$(1)\quad g_{\mu\nu}(x_1, x'_1, z_1, z_2) = G(x_1, x'_1)\mathcal{G}_{\mu\nu}(z_1, z_2) + \int G(x_1, \xi)\Gamma_\rho(\zeta, \xi, \xi')G(\xi', \xi'') \times \mathcal{G}_{\rho\sigma}(\zeta, \zeta')(I_{\sigma\mu\nu}(\zeta', \xi'', x'_1, z_1, z_2),$$

$$(2)\quad I_{\sigma\mu\nu}[J, \zeta', \xi'', x'_1, z_1, z_2] = \partial(\xi'' - x'_1)\left[\frac{\partial}{\partial\mathcal{G}_\sigma[J, \zeta']}\mathcal{G}_{\mu\nu}[J, z_1, z_2] + \partial(\zeta' - z_1)\,\partial_{\sigma\mu} \times \mathcal{G}_\nu[J, z_2] + \partial(\zeta' - z_2)\,\partial_{\sigma\nu}\mathcal{G}_\mu[J, z_1]\right] + \int V_{\sigma\rho}\left[\mathcal{G}, \frac{\partial}{\partial\mathcal{G}}; \zeta', \xi'', \zeta_1, \xi_1\right] I_{\rho\mu\nu}[J, \zeta_1, \xi_1, x'_1, z_1, z_2],$$

$$(3)\quad V_{\nu\rho}\left[\mathcal{G}, \frac{\partial}{\partial\mathcal{G}}; \zeta', \xi'', \zeta_1, \xi_1\right] \equiv i\int \Gamma_\lambda[J, \zeta'', \xi'', \xi'_1]\mathcal{G}_{\lambda\rho}(\zeta'', \zeta_1)G[J, \xi'_1, \xi_1]\frac{\partial}{\partial\mathcal{G}_\nu[J, \zeta']}.$$

x_1, x'_1 sont les coordonnées de l'électron, z_1, z_2 celle du photon.

(5) *Proc. Phys. Soc.*, 64, 1951, p. 57.

(*) Séance du 22 novembre 1954.

(1) *Comptes rendus* : I. 239, 1954, p. 690; II. 239, 1954, p. 749.

2. En comparant les équations II, [(2), (3)] (diffusion Möller) aux équations (2), (3) de la présente Note, on voit que ces équations ont même noyau $V_{\nu\rho}[\ldots]$. On peut par suite définir une même résolvante $\mathcal{R}_{\alpha\beta}[\ldots]$ opérateur différentiel, fonctionnelle de $\mathcal{G}$ et de $\partial/\partial\mathcal{G}$ qui satisfait à l'équation intégrodifférentielle suivante :

$$(4)\quad \mathcal{R}_{\alpha\beta}\left[\mathcal{G}, \frac{\partial}{\partial\mathcal{G}}; z, x, z', x'\right] = V_{\alpha\beta}\left[\mathcal{G}, \frac{\partial}{\partial\mathcal{G}}; z, x, z', x'\right] + \int V_{\alpha\lambda}\left[\mathcal{G}, \frac{\partial}{\partial\mathcal{G}}; z, x, \zeta, \xi\right] \mathcal{R}_{\lambda\beta}\left[\mathcal{G}, \frac{\partial}{\partial\mathcal{G}}; \zeta, \xi, z', x'\right],$$

et qui permet d'écrire les noyaux I_ν pour la diffusion de Möller, $I_{\sigma\mu\nu}$ pour la diffusion de Compton comme suit :

$$(5)\quad I_\nu(z, X_1, x_2, x'_1, x'_2) = -e_1\,\delta(X_1 - x'_1)\int G(x_2, \xi)\,\Gamma_\nu(z, \xi, \xi')\,G(\xi', x'_2) - e_1\int_{J=0} \mathcal{R}_{\nu\lambda}\left[\mathcal{G} = 0, \frac{\partial}{\partial\mathcal{G}}; z, X_1, \zeta_1, x'_1\right] \times G[J, x_2, \xi]\,\Gamma_\lambda[J, \zeta_1, \xi, \xi']\,G[J, \xi', x'_2],$$

$$(6)\quad I_{\sigma\mu\nu}(\zeta', \xi'', x'_1, z_1, z_2) = \int_{J=0} \mathcal{R}_{\sigma\rho}\left[\mathcal{G} = 0, \frac{\partial}{\partial\mathcal{G}}; \zeta', \xi'', \zeta_1, x'_1\right] \frac{\partial}{\partial\mathcal{G}_\rho(\zeta_1)}\mathcal{G}_{\mu\nu}[J, z_1, z_2] + \int_{J=0} \mathcal{R}_{\sigma\mu}\left[\mathcal{G} = 0, \frac{\partial}{\partial\mathcal{G}}; \zeta', \xi'', z_1, x'_1\right]\mathcal{G}_\nu[J, z_2] + \int_{J=0} \mathcal{R}_{\sigma\nu}\left[\mathcal{G} = 0, \frac{\partial}{\partial\mathcal{G}}; \zeta', \xi'', z_2, x'_1\right]\mathcal{G}_\mu[J, z_1].$$

Pour avoir une solution de (4) nous supposons $\mathcal{R}_{\alpha\beta}[\ldots]$ développée en série de Taylor fonctionnelle par rapport à l'opérateur différentiel $\partial/\partial\mathcal{G}$:

$$(7)\quad \mathcal{R}_{\alpha\beta}\left[\mathcal{G}, \frac{\partial}{\partial\mathcal{G}}; z, x, z', x'\right] = \sum_N \int \mathcal{R}^{(N)}_{\alpha\beta\mu_1\ldots\mu_N}[\mathcal{G}; z, x, z', x'; Z_1, \ldots, Z_N]\,\frac{\partial}{\partial\mathcal{G}_{\mu_1}[J, Z_1]}\cdots\frac{\partial}{\partial\mathcal{G}_{\mu_N}[J, Z_N]}.$$

La substitution de (7) dans (4) donne des formules de récurrence pour les $\mathcal{R}^{(N)}_{\alpha\beta\mu_1\ldots\mu_N}[\ldots]$. On voit que $\mathcal{R}^{(0)}_{\alpha\beta}$ satisfait à une équation intégrale homogène : nous le prendrons identiquement nul pour le cas de problèmes de diffusion. $\mathcal{R}^{(1)}_{\alpha\beta\mu}[\ldots]$ satisfait à l'équation suivante :

$$(8)\quad \mathcal{R}^{(1)}_{\alpha\beta\mu}[\mathcal{G}; z, x, z', x'; Z] = -i\varphi_\beta[\mathcal{G}; x, z', x']\,\delta_{\alpha\mu}\,\delta(z - Z) - i\int \varphi_\lambda[\mathcal{G}; x, \zeta, \xi]\,\frac{\partial\mathcal{R}^{(1)}_{\lambda\beta\mu}[\mathcal{G}; \zeta, \xi, z', x'; Z]}{\partial\mathcal{G}_\alpha[J; z]},$$

$$(9)\quad \varphi_\rho[\mathcal{G}; x', z', x''] = -i\int \Gamma_\alpha[J; \zeta, x', \xi'_1]\,\mathcal{G}_{\alpha\rho}[J; \zeta, z]\,G[J; \xi'_1, x''].$$

Les autres termes satisfont à des équations analogues.

3. $\mathcal{R}^{(1)}_{\alpha\beta\mu}[\mathcal{G}; \ldots]$ et $\varphi_\lambda[\mathcal{G}; \ldots]$ sont des fonctionnelles de $\mathcal{G}$ *seul*. Supposons les développées en séries de Taylor fonctionnelles; en portant ces dévelop-

pements dans (8), on obtient de nouvelles formules de récurrence. $\mathcal{R}^{(1,0)}(\ldots)$; $\mathcal{R}^{(1,1)}(\ldots)$, coefficients des termes qui, dans le développement de $\mathcal{R}^{(1)}_{\alpha\beta\mu}[\mathcal{G};\ldots]$, contiennent respectivement o et 1 $\mathcal{G}$, satisfont à

$$(10)\qquad \mathcal{R}^{(1,0)}_{\alpha\beta\mu}(z, x, z', x'; \mathrm{Z}) = -i\nu^{(0)}_{\beta}(x, z', x')\,\delta_{\alpha\mu}\,\delta(z-\mathrm{Z}) - i\int \nu^{(0)}_{\lambda}(x, \zeta, \xi)\,\mathcal{R}^{(1,1)}_{\lambda\beta\mu\alpha}(\zeta, \xi, z', x'; \mathrm{Z}, z),$$

$$(11)\qquad \mathcal{R}^{(1,1)}_{\alpha\beta\mu\rho}(z, x, z', x'; \mathrm{Z}, \mathrm{Z}') = -i\nu^{(1)}_{\beta\rho}(x, z', x'; \mathrm{Z}')\,\delta_{\alpha\mu}\,\delta(z-\mathrm{Z}) + \int \nu^{(1)}_{\alpha\lambda}(x, \zeta, \xi; \mathrm{Z}')\,\mathcal{R}^{(1,1)}_{\lambda\beta\mu\rho}(\zeta, \xi, z', x'; \mathrm{Z}, z) + \ldots.$$

Les points sont mis pour des termes $\mathcal{R}^{(1,2)}_{\alpha\beta\mu\rho\sigma}$ correspondant à $2\mathcal{G}$ dans le développement de $\mathcal{R}^{(1)}_{\alpha\beta\mu}[\mathcal{G};\ \ldots]$; $\nu^{(0)}_{\beta}$ et $\nu^{(1)}_{\beta\rho}$ sont respectivement les coefficients, qui dans le développement de $\nu_{\beta}[\mathcal{G};\ \ldots]$, correspondent à 1 et $2\mathcal{G}$.

4. Nous allons considérer l'approximation dans laquelle toutes les dérivées fonctionnelles $\delta_{N}/\delta\mathcal{G}_{\mu_1}, \ldots, \delta\mathcal{G}_{\mu_N}$ avec $N > 1$ sont négligées, ce qui revient à négliger les états à plus de deux photons virtuels. Dès lors $\mathcal{R}_{\alpha\beta}[\mathcal{G}, \delta/\delta g, \ldots]$ est égal à $\mathcal{R}^{(1)}_{\alpha\beta\mu}[\mathcal{G};\ \ldots]$[formule 7], dont le développement, à la limite $\mathrm{J}=0$, donc $\mathcal{G}_{\mu=0}$ est donné par $\mathcal{R}^{(1,0)}_{\alpha\beta\mu}(\ldots)$ qui est déterminé par (10) si $\mathcal{R}^{(1,1)}$ est calculé à partir de (11). Une approximation raisonnable de (11) s'écrit :

$$(12)\qquad \mathcal{R}^{(1,1)}_{\alpha\beta\mu\rho}(z, x, z', x'; \mathrm{Z}, \mathrm{Z}') = ie_1\,\delta_{\alpha\mu}\,\delta(z-\mathrm{Z})\,\gamma_{\beta}\,\mathrm{D_F}(x-z')\,\mathrm{S_F}(x-\mathrm{Z}'_n)(\gamma_{\rho}\mathrm{S_F}(\mathrm{Z}'-x') + ie_1\int \gamma_{\lambda}\,\mathrm{S}^{*}_{\mathrm{F}}(x-\mathrm{Z}')\,\mathrm{D_F}(x-\xi)\,\gamma_{\rho}\,\mathrm{S_F}(\mathrm{Z}'-\xi)\,\mathcal{R}^{(1,1)}_{\lambda\beta\mu\rho}(\zeta, \xi, z'\ x'; \mathrm{Z}, z).$$

Ses diagrammes ne contiennent ni énergies propres, ni diagrammes sommet.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Validité de la solution générale des équations, d'Einstein* $g^{\mu\nu}_{\underset{+}{}\,\underset{-}{};\rho} = 0$ *dans le cas* $\varphi = 0$. Note de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat**, présentée par M. Louis de Broglie.

La solution générale des équations $g^{\mu\nu}_{+-;\rho} = 0$ publiée en 1950-51 [1] comprend aussi le cas particulier $\varphi (= \underset{\vee}{g}) = 0$.

En explicitant la solution générale des équations

$$g^{\mu\nu}_{+-;\rho} = 0$$

qui détermine entièrement la connexion affine en fonction des champs $g_{\mu\nu} = \gamma_{\mu\nu} + \varphi_{\mu\nu}$, nous avons jugé inutile de considérer tout particulièrement le cas $\varphi = 0$ ($\varphi = \underset{\vee}{g}$, déterminant de la partie antisymétrique des $g_{\mu\nu}$). En effet ce

(1) M.-A. Tonnelat, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 182; *J. Phys. Rad.*, **12**, 1951, p. 81; **19**, 1952, p. 177.

cas est recouvert par la validité de la solution générale dont la détermination ne suppose à aucun moment $\varphi \neq 0$. Il en constitue simplement une expression particulière

Cependant, la forme de cette solution générale a conduit certains auteurs [2] à conclure qu'elle excluait le cas $\varphi = 0$, ce qui constituerait une lacune considérable puisque le cas $\varphi = 0$ est particulièrement important dans la recherche des solutions à symétrie sphérique (cas purement électrique ou purement magnétique). Nous voulons montrer ici qu'il n'en est rien.

Rappelons l'expression générale de la connexion affine $\Gamma_{\mu\nu,\rho} = \gamma_{\rho\sigma}\Gamma^{\sigma}_{\mu\nu}$ en fonction des champs $\gamma_{\mu\nu}$ et $\varphi_{\mu\nu}$:

$$\Gamma_{\mu\nu,\rho} = [\mu\nu,\rho] - \left(\Gamma_{\underset{\vee}{\mu\rho},\bar{\nu}} + \Gamma_{\underset{\vee}{\nu\rho},\bar{\mu}}\right) + \Gamma_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho}, \tag{1}$$

$$(a^2 + b^2)\,\Gamma_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} = a\,S_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} + b\,S^{*}_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho}, \tag{2}$$

$$S_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} = \left(2 - \frac{g}{\gamma} + \frac{6\varphi}{\gamma}\right) R_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} - \frac{2\sqrt{\varphi}}{\sqrt{-\gamma}}\, R^{*}_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} - R_{\underset{\vee}{\mu\nu},\bar{\rho}}, \tag{3}$$

$$\begin{aligned} R_{\mu\nu,\rho} = {} & -\frac{1}{2}\varphi_{\mu\nu\rho} + \nabla_\rho \varphi_{\mu\nu} + \frac{\sqrt{\varphi}}{2\sqrt{-\gamma}}\varphi_{;\mu\nu;\rho} + \frac{\sqrt{\varphi}}{4\sqrt{-\gamma}}\varphi^{*}_{\mu\nu}\varphi^{\sigma\tau}\varphi_{\sigma\tau\rho} \\ & - \varphi_{\mu\nu}\,\partial_\rho \operatorname{Log}\frac{g}{\gamma} + \frac{\sqrt{\varphi}}{2}\varepsilon_{\mu\nu\rho\sigma}\varphi^{\lambda\sigma}\,\partial_\lambda \operatorname{Log}\frac{g}{\gamma} \\ & - \frac{\varphi}{2\sqrt{-\gamma}}\varepsilon^{*}_{;\mu\nu;\rho\lambda}\varphi^{\sigma\lambda}\,\partial_\sigma \operatorname{Log}\frac{g}{\varphi} + \frac{\sqrt{\varphi}}{2\sqrt{-\gamma}}\varphi_{\mu\nu}\,\partial_\rho \operatorname{Log}\frac{g}{\varphi}. \end{aligned} \tag{4}$$

ceci dans le cas où $\Gamma_\rho = \Gamma^{\sigma}_{\underset{\vee}{\rho\sigma}} = 0$.

On trouvera toutes nos notations dans les publications antérieures.

Si $\varphi = 0$, les quantités $\varphi^{\mu\nu} = (\text{mineur}\,\varphi_{\mu\nu}/\varphi)$ n'ont évidemment aucun sens, mais on a toujours

$$\sqrt{\varphi}\,\varphi^{\mu\nu} = \frac{1}{2}\varepsilon^{\mu\nu\rho\sigma}\varphi_{\rho\sigma}. \tag{5}$$

Or dans toutes les équations qui acheminent à la solution générale et, bien entendu, dans cette solution elle-même, ce ne sont pas des termes en $\varphi^{\mu\nu}$ qui apparaissent, mais des termes en $\sqrt{\varphi}\,\varphi^{\mu\nu}$, quantité qui représente symboliquement $(1/2)\varepsilon^{\mu\nu\rho\sigma}\varphi_{\rho\sigma}$ et reste évidemment finie quand $\varphi = 0$. La détermination de la solution générale (et son expression) ne suppose donc jamais l'hypothèse $\varphi \neq 0$.

Si l'on porte maintenant $\varphi = 0$ dans l'expression générale (2)-(4), on aura simplement

$$b = 0, \qquad a = 2 - \frac{g}{\gamma} = 1 - \frac{1}{2}\gamma^{\mu\rho}\gamma^{\nu\sigma}\varphi_{\mu\nu}\varphi_{\rho\sigma}. \tag{6}$$

---

[2] *Cf.* par exemple : TAKENO et coll., *Progress of theor. Phys.*, VI, 5, 1951, p. 848.

D'où

$$\Gamma_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} = \frac{1}{a} S_{\mu\nu,\rho} = R_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} - \frac{1}{a} R_{\underset{\vee}{\mu\nu},\hat{\rho}} \tag{7}$$

avec

$$R_{\mu\nu,\rho} = -\frac{1}{2}\varphi_{\mu\nu\rho} + \Delta_\rho \varphi_{\mu\nu} + \frac{1}{8\sqrt{-\gamma}} \varphi^{*}_{\mu\nu}\varepsilon^{\sigma\tau\lambda\pi}\varphi_{\lambda\pi}\varphi_{\sigma\varepsilon\rho} - \varphi_{\mu\nu}\partial_\rho \operatorname{Log}\frac{g}{\gamma} + \frac{1}{2}(\varphi_{\mu\nu}\partial_\rho + \varphi_{\rho\mu}\partial_\nu + \varphi_{\nu\rho}\partial_\mu)\operatorname{Log}\frac{g}{\gamma}. \tag{8}$$

Quant aux conditions d'existence de la solution

$$g\left[\left(2 - \frac{g}{\gamma} + \frac{6\varphi}{\gamma}\right)^2 - \frac{4\varphi}{\gamma}\left(3 - \frac{g}{\gamma} + \frac{\varphi}{\gamma}\right)^2\right] \neq 0 \tag{9}$$

elles se réduisent à

$$g\left(2 - \frac{g}{\gamma}\right) \neq 0, \quad \text{c'est-à-dire} \quad 1 - \frac{1}{2}\gamma^{\mu\rho}\gamma^{\nu\sigma}\varphi_{\mu\nu}\varphi_{\rho\sigma} \neq 0, \tag{10}$$

puisque nous supposons toujours $g \neq 0$, $\gamma \neq 0$.

La détermination de la connexion affine en fonction des champs dans le cas $\varphi = 0$ s'obtient donc immédiatement en particularisant à ce cas la solution générale des équations $g^{\underset{+}{\mu\nu}}; \rho$.

THERMODYNAMIQUE. — *Mesure de la tension de vapeur de la glace lourde.* Note (*) de Mme **Andrée Johannin-Gilles** et M. **Pierre Johannin**, présentée par M. Eugène Darmois.

Les tensions de vapeur de D_2O solide sont connues de 3°,82 à 0° grâce aux travaux de E. Bartholomé et K. Clusius (1) et K. Niwa et de E. Shimazaki (2). A notre connaissance, elles n'ont pas été mesurées en dessous de 0°C. Ayant besoin d'en connaître les valeurs de 0 à —30°C au cours d'études optiques, nous avons étendu les mesures jusqu'à —33°C. L'appareillage utilisé est un manomètre inspiré de celui de Rayleigh dont on trouvera la description ailleurs (3). L'eau lourde utilisée est celle livrée par la Norsk Hydro-Elektrisk Kvaelstofaktieselskab, contenant 99,5 % d'oxyde de deutérium.

Le tableau donne les résultats de nos expériences. La précision estimée est de quelques 10^{-3} mm Hg. La figure 1 représente les courbes de la tension de vapeur en fonction de la température pour D_2O et, à titre de comparaison, pour H_2O. Le tableau donne également le rapport des pressions de vapeur de H_2O et D_2O en fonction de la température. Les deux solides ont la même tension de vapeur à environ —24°.

(*) Séance du 22 novembre 1954.

(1) *Z. Physik chem.*, B 28, 1935, p. 175.

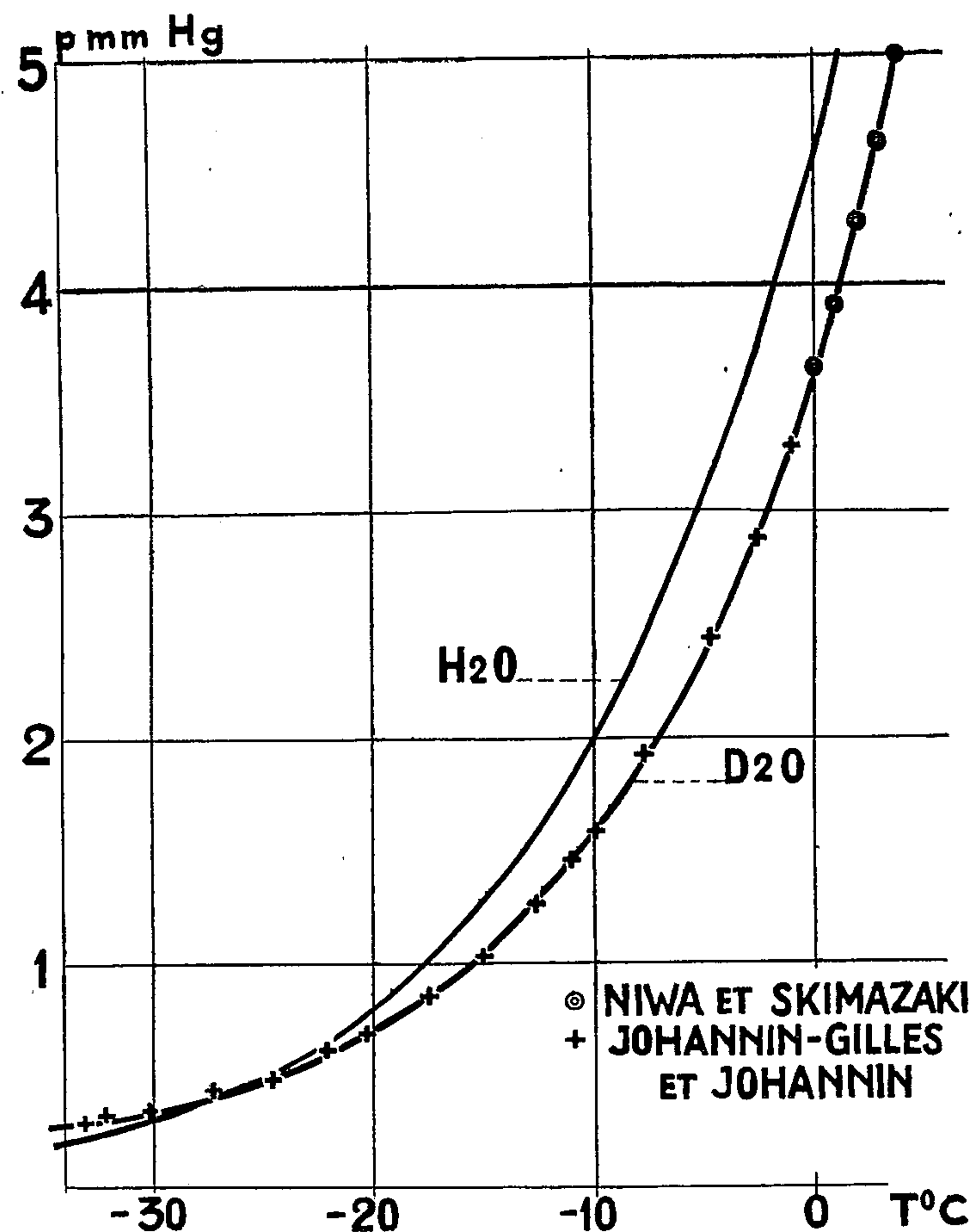
(2) *J. Faculty Sc. Hokkaido, Imp. Univ.*, ser. III., 3, 1940, p. 35.

(3) A. Johannin-Gilles et P. Johannin, *J. Phys. Rad.* (à paraître).

Niwa et Shimazaki indiquent l'existence d'une relation linéaire entre le logarithme de la pression p et l'inverse de la température absolue :

$$\log p = \frac{-2748,458}{T} + 10,62219.$$

Cette relation valable entre 0° et 3°,82 ne s'applique pas aux températures



inférieures à 0°. Pour obtenir une évaluation de $\log p$, nous avons fait appel à la formule de Dupré :

$$\text{Log}_{10} p = \frac{-A}{T} + B \log_{10} T + K$$

dans laquelle nous avons remplacé le terme constant par $CT + DT^2 + E$ pour tenir compte empiriquement des variations des chaleurs spécifiques du solide et de la vapeur avec la température.

Nous avons calculé les valeurs de A et de B d'après les données thermodynamiques actuelles sur D_2O.

T(°C).	pD_2O.	pH_2O.	$\frac{pH_2O}{pD_2O}$.	T(°C).	pD_2O.	pH_2O.	$\frac{pH_2O}{pD_2O}$.
—32.....	$0{,}34_6$	$0{,}23_2$	0,67	—14.....	$1{,}13_5$	$1{,}36_1$	1,20
—30.....	$0{,}37_8$	$0{,}28_6$	0,76	—12.....	$1{,}33_5$	$1{,}63_2$	1,22
—28.....	$0{,}42_0$	$0{,}35_1$	0,83	—10.....	$1{,}57_8$	$1{,}95_0$	1,235
—26.....	$0{,}46_9$	$0{,}43_0$	0,92	— 8.....	$1{,}85_5$	$2{,}32_6$	1,25
—24.....	$0{,}52_6$	$0{,}52_6$	1,00	— 6.....	$2{,}20_0$	$2{,}76_5$	1,26
—22.....	$0{,}61_5$	$0{,}64_0$	1,04				
—20.....	$0{,}71_4$	$0{,}77_6$	1,08	— 4.....	$2{,}58_0$	$3{,}28_0$	1,27
				— 2.....	$3{,}03_2$	$3{,}88_0$	1,28
—18.....	$0{,}83_2$	$0{,}93_9$	1,12	0.....	$3{,}61_5$	$4{,}57_9$	1,26
—16.....	$0{,}97_0$	$0{,}13_2$	1,17	+ 2 (*)..	$4{,}28_5$	$5{,}29_4$	1,23

(*) Niwa et Shimazaki.

Chaleur de sublimation de la glace lourde à 0° : 12 635 ± 20 cal/mole d'après les mesures de E. Bartholomé et K. Clusius ([1]).

Capacité calorifique de la glace lourde à — 15° : 10,11 cal/mole/°C d'après les mesures de E. A. Long et J. D. Kemp ([4]).

La chaleur spécifique de la vapeur d'eau lourde est, faute de résultats expérimentaux, admise égale à

$$\frac{8R}{2} + PE\left(\frac{1695}{T}\right) + PE\left(\frac{3732}{T}\right) + PE\left(\frac{3960}{T}\right).$$

Les températures caractéristiques dans les fonctions de Planck-Einstein ont été obtenues à partir des fréquences infrarouges et Raman de D_2O ([1]).

Les coefficients C, D et E sont évalués d'après les données expérimentales à — 30°, — 14°, et 0°. La formule obtenue est la suivante :

$$\mathrm{Log}_{10}\, p = -\frac{2886{,}9}{T} - 1{,}0327 \log_{10} T - 0{,}199\,156\, T + 0{,}000\,368\,28\, T^2 + 40{,}5677.$$

Elle permet de retrouver les valeurs expérimentales à quelques pour-cent près.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la répartition du courant le long d'une antenne cylindrique à l'émission.* Note (*) de M. **Paul Poincelot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une précédente Note ([1]), j'ai mis l'intensité du courant le long d'une antenne cylindrique sous la forme d'une série de Fourier à coefficients indé-

([4]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 1829.

(*) Séance du 22 novembre 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1365.

terminés D_{2n-1} :

(1) $$I=\sum_{n=-\infty}^{+\infty} D_{2n-1}\, e^{i(2n-1)pz}$$

et j'ai montré que les coefficients D_{2n-1} satisfaisaient au système

(2) $$b_{2n-1}\, D_{2n-1}=\sum_{r=1}^{\infty} a_{2n-1}^{2r-1}\, D_{2r-1}$$

dont il faut démontrer la convergence.

A un facteur près, le coefficient b_{2n-1} s'écrit :

(3) $$b_{2n-1}=(-1)^n\frac{(2n-1)^2p^2-k^2}{2n-1}\, I_0(a\alpha_{2n-1})\, K_0(a\alpha_{2n-1}) \quad \text{avec} \quad \alpha_{2n-1}=\sqrt{(2n-1)^2p^2-k^2}.$$

En considérant les développements asymptotiques des fonctions de Bessel I_0 et K_0, on trouve

(4) $$b_{2n-1}\sim(-1)^n B\left\{1+O\left(\frac{1}{n^2}\right)\right\} \qquad (B=\text{const.}).$$

D'ailleurs, en remplaçant, dans les intégrales qui expriment a_{2n-1}^{2r-1}, les fonctions par des expressions majorantes, on trouve

(5) $$|a_{2p-1}^{2q-1}|<\frac{1}{p^2q}\operatorname{Log} p \operatorname{Log} q.$$

Étant donné que seuls importent les rapport entre les D_{2n-1}, on peut faire $D_1=1$ et considérer le système T_{n-1} :

(6) $$\left\{\begin{array}{l} (a_3^3-b_3)D_3+a_3^5D_5+\ldots+a_3^{2n-1}D_{2n-1}=-a_3^1,\\ a_5^3D_3+(a_5^5-b_5)D_5+\ldots+a_5^{2n-1}D_{2n-1}=-a_5^1,\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\ a_{2n-1}^3D_3+a_{2n-1}^5D_5+\ldots+(a_{2n-1}^{2n-1}-b_{2n-1})D_{2n-1}=-a_{2n-1}^1. \end{array}\right.$$

Je considère le système T_n ; de la dernière équation je tire l'expression de D_{2n+1} en fonction des D_3, etc. :

(7) $$D_{2n+1}=\frac{1}{b_{2n+1}-a_{2n+1}^{2n+1}}(a_{2n+1}^1+a_{2n+1}^3D_3+\ldots+a_{2n+1}^{2k-1}D_{2k-1}+\ldots+a_{2n+1}^{2n-1}D_{2n-1})$$

et je porte cette expression dans les $n-2$ équations précédentes. J'obtiens un système T'_{n-1} dans lequel les coefficients des D_{2k-1} sont de la forme

(8) $$(a_{2p-1}^{2k-1})'=a_{2p-1}^{2k-1}-\frac{a_{2p-1}^{2n+1}\cdot a_{2n+1}^{2k-1}}{a_{2n+1}^{2n+1}-b_{2n+1}}.$$

On trouve

(9) $$(a_{2p-1}^{2k-1})'+a_{2p-1}^{2k-1}\left\{1+\frac{B}{n^3}(\operatorname{Log} n)^3\right\},$$

où B dépend de p et k, mais non de n.

Or, le système T_n d'une part, le système T'_{n-1} et l'équation (7) d'autre part, forment deux systèmes équivalents. Si la résolution du système T_n conduit à des valeurs D_{2k-1}, le système T'_{n-1} admet, pour les $n-2$ premières inconnues, des solutions D'_{2k-1} :

$$(10) \qquad D'_{2k-1} = D_{2k-1}\left\{1 + \frac{C}{(n+1)^3}[\mathrm{Log}(n+1)]^3\right\}.$$

En répétant indéfiniment l'opération, on trouve, pour $D^{(p)}_{2k-1}$, une expression convergente lorsque p tend vers l'infini.

J'ajoute que c'est à tort que, dans ma Note du 28 janvier 1952 (2), j'annonçais que la répartition était sinusoïdale dans le cas d'une antenne demi-onde.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Procédé de calcul rapide de la constante diélectrique complexe en ondes centimétriques. (Méthode des bâtonnets.)* Note (*) de MM. **Serge Le Montagner**, **Jean Le Bot**, Mlle **Simone Chauvin** et M. **Raoul Haye**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une précédente Note (1), nous avions indiqué un nouveau procédé de mesure simple de la constante diélectrique complexe en ondes centimétriques et les formules de résolution correspondantes. La forme très simple de celles-ci (par rapport aux développements nécessités par les méthodes classiques) nous a conduits à envisager une résolution complète très rapide du calcul par des abaques, qui pour être utiles, doivent à la fois être peu nombreux, faciles à construire et très précis.

Le calcul, proprement dit, de la constante diélectrique complexe à partir de la mesure de l'admittance est conditionné (1) par la détermination préalable de deux quantités k et S :

$$k = 2\left(\frac{\lambda}{\pi d}\right)^2 + 0,5; \qquad S = 2\Sigma - 1,75 + \log\frac{4a}{\pi d}, \qquad \text{avec} \quad \Sigma = \sum_{n=2}\left[\frac{1}{\sqrt{n^2 - \left(\frac{2a}{\lambda}\right)^2}} - \frac{1}{\eta}\right],$$

Dans une bande de fréquences déterminée, les dimensions du guide sont invariables, a est constant; les deux quantités k et S sont donc fonction des deux variables : d diamètre de l'échantillon et λ longueur d'onde. Dressant un tableau de valeurs $\Sigma = f(\lambda)$ et traçant la courbe correspondante, il est possible d'établir un abaque à points alignés résolvant la fonction S (*fig.* 1). Il en sera de même pour k.

Ces paramètres étant calculés, il est intéressant de s'attaquer à la résolution

(2) *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 513.

(*) Séance du 22 novembre 1954.

(1) J. Le Bot et S. Le Montagner, *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 469.

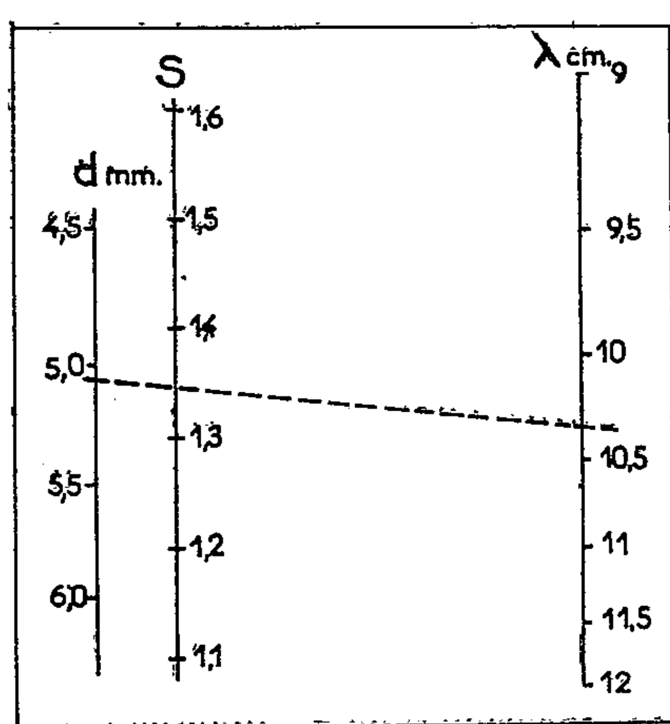
proprement dite et d'étudier les équations de transformation de B et G en ε' et ε''. Éliminant u et v dans les équations (1) on écrit aisément :

$$\frac{\varepsilon'-1}{k}=\frac{S(B^2+G^2)+\alpha B}{S^2(B^2+G^2)+2S\alpha B+\alpha^2} \tag{1}$$

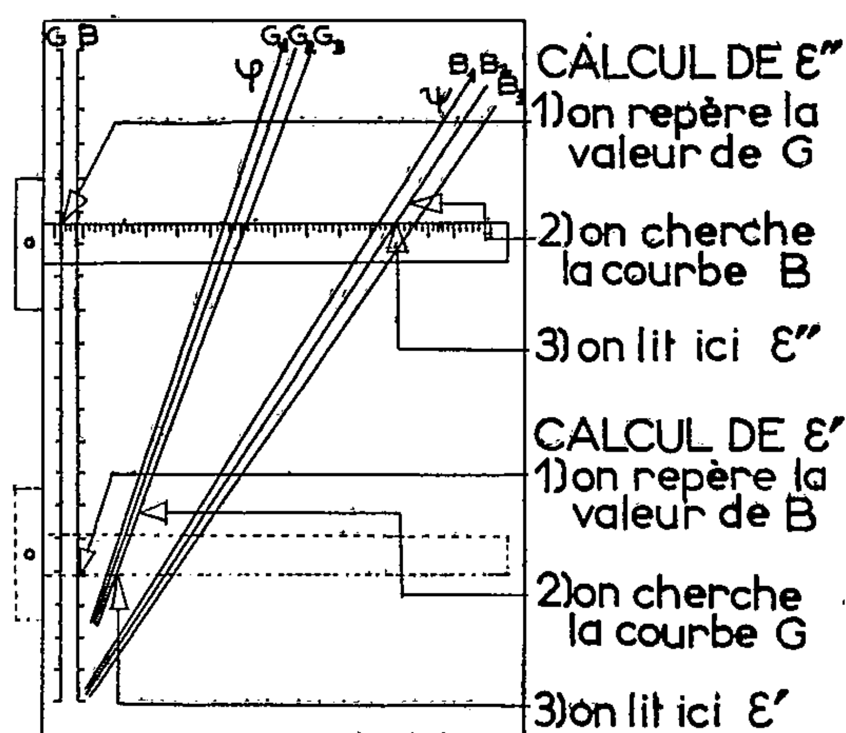
$$\frac{\varepsilon''}{k}=\frac{\alpha G}{S^2(B^2+G^2)+2S\alpha B+\alpha^2}; \tag{2}$$

$$\alpha=\frac{2\lambda_g}{a}.$$

Faisons une division suivant les puissances croissantes de B et G en traitant



ABAQUE S = f(d, λ)
pour 9 < λ < 12 cm. Fig 1



EMPLOI DU CALCULATEUR
Fig 2

dans la première équation B comme variable principale et G comme paramètre et renversant les rôles dans la seconde. Les formules deviennent :

$$\frac{\varepsilon'-1}{k}=\frac{B}{\alpha}-\frac{S}{\alpha_2}(B^2-G^2)+\frac{S^2}{\alpha^3}B(B^2-3G^2)+\frac{S^3}{\alpha^4}\varphi(4)(B,G)+\ldots \tag{3}$$

$\varphi(4)$ désignant un polynome du quatrième degré, homogène en B et G.

$$\frac{\varepsilon''}{k}=\frac{G}{\alpha}\left[1-\frac{2S}{\alpha}B-\frac{S^2}{\alpha^2}(G^2-3B^2)+\ldots\right]. \tag{4}$$

Si l'on se borne à de faibles valeurs de B et G ($B \leqq 0{,}2$ mho; $G \leqq 0{,}1$ mho), nous pouvons limiter les développements aux deux premiers termes et écrire :

$$\frac{\varepsilon'-1}{k}=\frac{B}{\alpha}-\frac{S}{\alpha^2}(B^2-G^2), \tag{5}$$

$$\frac{\varepsilon''}{k}=\frac{G}{\alpha}\left(1-\frac{2S}{\alpha}B\right). \tag{6}$$

L'équation (5) définit une famille de paraboles (B est la variable) se déduisant l'une de l'autre par une translation parallèle aux coordonnées et d'amplitude : $(S/\alpha^2)(G_1^2 - G_2^2)$. L'équation (6) définit une famille de droites (G est la variable) rayonnant à partir de l'origine.

Par S ces courbes dépendent de la longueur d'onde et du diamètre de l'échantillon; mais il est expérimentalement préférable de garder constants λ et d. On tracera donc *un réseau de courbes valable pour une longueur d'onde et une valeur moyenne de d;* les faibles variations mécaniques inévitables de d sont en effet sans influence appréciable sur la valeur de S étant donnée la forme logarithmique de l'expression.

Pour rendre la lecture de l'abaque plus aisée (et éviter la multiplication par k) nous faisons glisser le long de l'axe des ordonnées un té dont la règle est directement graduée en ε' d'un bord et en ε'' de l'autre : ceci évidemment pour une valeur choisie de k. La figure (2) représente un tel calculateur : il est valable pour une dimension de guide donnée (a), une longueur d'onde donnée (λ) et un diamètre moyen de tube (d).

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Étude expérimentale d'un guide à hélice pour accélérateur linéaire à protons : Impédance shunt.* Note de M. **Albert Septier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous étudions ici l'influence des supports diélectriques de l'hélice sur la valeur du coefficient de surtension et celle de l'impédance shunt d'un guide à hélice, et comparons les résultats de nos mesures aux prévisions théoriques de K. Johnsen [1].

L'impédance shunt par unité de longueur d'une cavité résonnante est définie par : $Z_s = E^2/p_0$, où E représente l'amplitude maximum du champ électrique axial de l'onde stationnaire, et p_0 la puissance perdue par unité de longueur. (Cette impédance est liée à celle du guide correspondant par la relation $Z_{s(\text{cavité})} = 2Z_{s(\text{guide})}$. Elle peut être déterminée à partir des grandeurs expérimentales suivantes : fréquence de résonance f_0, coefficient de surtension Q_0, et variation maximum df_0 de la fréquence de résonance provoquée par une bille de diélectrique de volume v, de constante diélectrique ε_r, déplacée sur l'axe de la cavité. En effet, nous avons les relations suivantes entre ces grandeurs, (l'énergie p_0 est la même sur toute la longueur L, car l'atténuation est ici négligeable) :

$$Q_0 = 2\pi f_0 \frac{W_0}{p_0 L} \quad \text{et} \quad \frac{df_0}{f_0} = \frac{3}{4} v \frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r + 2} \frac{\varepsilon_0 E^2}{W_0};$$

où W_0 est l'énergie emmagasinée dans la cavité tout entière. On en tire :

$$Z_{s(\text{cavité})} = \frac{2L\, df_0\, Q_0}{3\pi v f_0^2 \varepsilon_0} \frac{\varepsilon_r + 2}{\varepsilon_r - 1}.$$

---

[1] *C.E.R.N.-P.S.* KJ-27. Août 1954.

Pour une bille de plexiglas ($\varepsilon_r = 2{,}63$) de 5 mm de diamètre, et $L = 0{,}6$ m :

$$Z_s(\text{guide}) = 1{,}03\,\lambda_0 \frac{df_0}{f_0} Q_0\, 10^3\ \mathrm{M\Omega/m},$$

λ_0 est la longueur d'onde de résonance, en mètres.

1. *Détermination de* Q_0. — Pour chaque fréquence f_0, la sonde étant placée exactement en un ventre du champ électrique radial, et très faiblement couplée à la cavité, nous avons tracé la courbe de résonance; les fréquences sont mesurées à l'aide d'un fréquencemètre Rhode et Schwarz (sensibilité 2.10^{-5}).

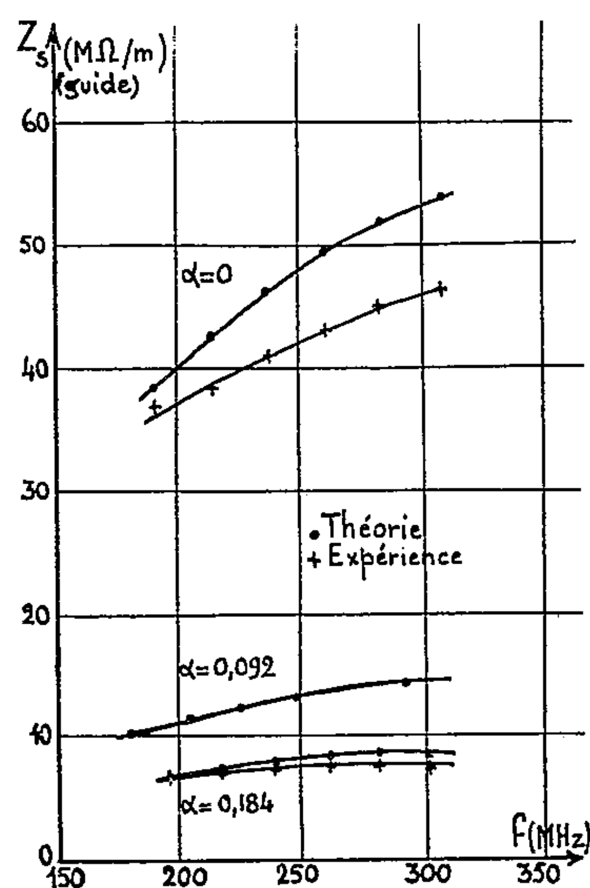


Fig. 2.

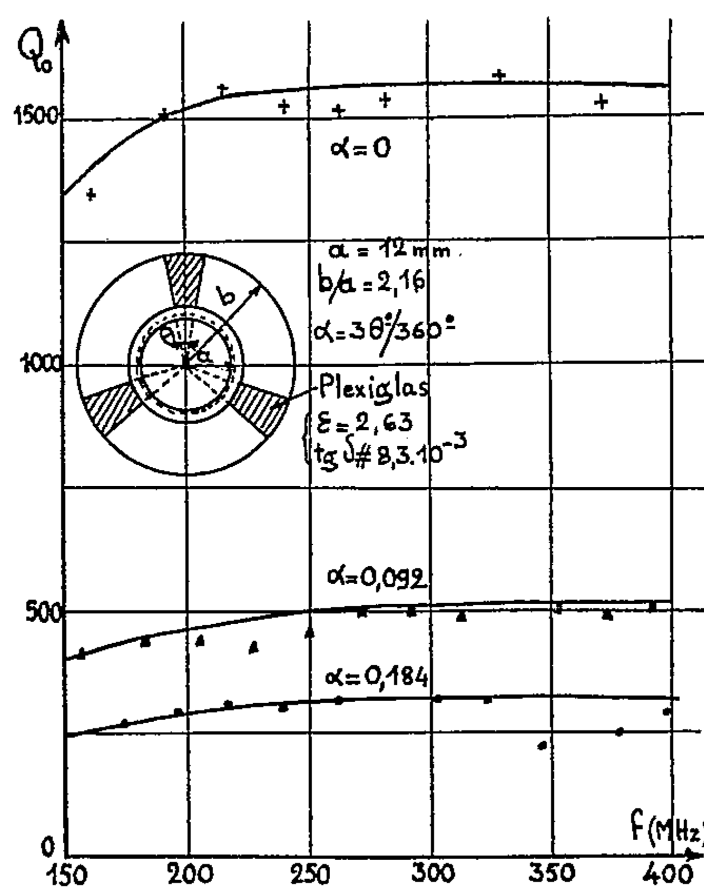


Fig. 1.

Les résultats des mesures sont portés sur la figure 1, pour les fréquences f_0 de 150 à 400 MHz. Q_0 est pratiquement constant dans cette gamme; il est de 1600 environ pour l'hélice sans supports; l'introduction de trois supports radiaux de plexiglas le fait tomber à 500 environ, et trois autres supports identiques l'amènent à 300. L'angle de pertes du plexiglas est élevé ($\mathrm{tg}\,\delta \# 8{,}35.10^{-3}$) mais nous avons délibérément choisi cette matière car il est possible de revenir aux autres cas, les angles de pertes étant connus. Dans l'accélérateur définitif, ces supports seront en quartz ou en téflon ($\mathrm{tg}\,\delta \# 2.10^{-4}$.)

2. *Mesure de* df_0. — Le diamètre de la bille ne peut guère être supérieur à 5 mm, car cette dimension doit être petite devant le diamètre moyen de l'hélice ($2a = 24$ mm). Par suite, les variations de fréquence sont faibles : de 3 KHz (à 195 MHz) à 9 KHz (à 310 MHz), donc à la limite de sensibilité du fréquencemètre. L'emploi d'une bille métallique, qui donne des df_0 de l'ordre de 60 KHz facilement mesurables, est à rejeter car cet obstacle agit également sur le champ magnétique et il est très difficile de déterminer la part exacte qui

revient au champ électrique seul. Nous avons mesuré les très faibles variations df_0 en faisant battre deux générateurs HF très stables, dont l'un alimente la cavité, à fréquence variable f_1 voisine de f_0, et l'autre est calé sur une fréquence f_2. La différence $f_1 - f_2$, qu'on règle au voisinage de 200 KHz, est mesurée à 0,3 KHz près par comparaison avec un générateur étalonné. Il suffit d'étalonner ainsi en fréquences une très faible plage de la courbe de résonance, et d'y reporter les variations d'intensité (lues sur le galvanomètre) provoquées par le déplacement de la bille, pour avoir df_0 à mieux que 0,3 KHz près.

3. *Valeurs de* Z_s. — Nous avons déterminé Z_s *pour le guide* sans supports, puis pour le guide avec trois doubles supports ($\alpha = 0{,}184$) de plexiglas, de 190 à 310 MHz. Les résultats sont résumés sur la figure 2, où nous avons porté également les valeurs théoriques qu'on peut calculer grâce aux formules données par Johnsen. Dans le domaine exploré, valeurs expérimentales et valeurs théoriques sont en accord satisfaisant; les écarts qui existent dans le premier cas peuvent s'expliquer par le fait que la conductivité réelle de l'argenture est plus faible que la valeur théorique. Ce facteur a moins d'importance dans le deuxième cas, où les pertes dans l'isolant sont prédominantes, d'où un meilleur accord.

La valeur des résultats théoriques étant ainsi vérifiée, nous pouvons désormais prévoir qu'avec des supports de quartz transparent Z_s serait environ quatre fois plus forte; d'autre part Z_s croît rapidement avec le diamètre du blindage, pour les faibles valeurs de b/a. Dans ces conditions, la structure à hélice serait alors très supérieure à la structure à tubes de glissement, dans le domaine des faibles énergies. [Le guide actuel correspond à des protons de 5 MeV environ (2).]

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur les vibrations fondamentales de la phosphine.* Note (*) de M. **Itaru Gamo**, présentée par M. Jean Cabannes.

Calcul des vibrations normales de la phosphine à l'aide des fonctions potentielles les plus générales, compte tenu de l'anharmonicité.

Partant des valeurs observées des fréquences fondamentales ν_1, ν_2, ν_3 et ν_4 de PH_3 (1) et de PD_3 (2) on a calculé les fréquences normales correspondantes ω_1, ω_2, ω_3 et ω_4 (les fréquences de PD_3 sont marquées d'un astérisque).

---

(2) A. Septier, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1367.

(*) Séance du 22 novembre 1954.

(1) *J. Chem. Phys.*, 21, 1953, p. 1836.

(2) E. Lee et C. K. Wu, *Trans. Farad. Soc.*, 35, 1939, p. 1366.

1. On a estimé les anharmonicités par le procédé suivant. D'abord, on a déterminé ω_1, fréquence de valence, à partir de ν_1, à l'aide de la relation de Morse ([3]) entre ω_1 et l'énergie de dissociation, en se fondant sur le bon accord qui existe, dans les cas de H_2O, H_2S et NH_3, entre les valeurs estimées par cette méthode et par celle de Dennison ([4]). On peut ensuite estimer ω_1^*, ω_2 et ω_2^* par la méthode de Dennison. En supposant que les corrections anharmoniques $\alpha[\omega - \nu(1+\alpha)]$ sont égales pour ν_1 et pour ν_3 ([4]), on détermine ω_3 à partir de ν_3, puis ω_3^*, ω_4 et ω_4^* par la méthode de Dennison. Les résultats du calcul sont les suivants ([5]).

Type de vibration.	PH_3.		PD_3.	
A_1	ω_1 2452	ν_1 2322,9	ω_1^* 1761	ν_1^* 1694
A_1	ω_2 1041	ν_2 992,0	ω_2^* 756	ν_2^* 730
E	ω_3 2457	ν_3 2327,7	ω_3^* 1766	ν_4^* (1698)
E	ω_4 1154	ν_4 1122,4	ω_4^* 822	ν_i^* 806

Les valeurs des fréquences normales pour le mode (E) satisfont bien à la relation de Dennison ([4]) :

$$[mk(\omega_3^2+\omega_4^2)]_{PD_3} - [mk(\omega_3^2+\omega_4^2)]_{PH_3} = (k_{PD_3} - k_{PH_3}) \left[\frac{m\delta_3^{\frac{1}{2}}\omega_3^2 + m\delta_4^{\frac{1}{2}}\omega_4^2}{\delta_3^{\frac{1}{2}} + \delta_4^{\frac{1}{2}}} \right]_{PH_3}$$

si l'on adopte pour δ_3 et δ_4 les valeurs calculées ([1]), ce qui donne une vérification de la méthode.

2. Les constantes de force f_1 f_2, g_3 g_4 g_5 g_6 ont été calculées à partir des ω et de la fonction potentielle suivante ([6]) :

$$2V = f_1\Sigma\overline{\Delta l_i^2} + f_2\Sigma\Delta l_i\Delta l_j + g_2 l^2\Sigma\overline{\Delta\theta_{ij}^2} + g_4 l^2\Sigma\Delta\theta_{ij}\Delta\theta_{ik} + g_5 l\Sigma\Delta l_i\Delta\theta_{jk} + g_6 l\Sigma\Delta l_i[\Delta\theta_{ij} + \Delta\theta_{ik}],$$

où Δl_i et $\Delta\theta_{ij}$ sont respectivement les variations des distances P-H et des angles $H - \hat{P} - H$ à partir de la position d'équilibre : distance l, $H\hat{P}H = 93°20'$ ([7]).

Les carrés Ω des pulsations des vibrations normales sont les solutions de l'équation séculaire de Wilson

$$[\mathbf{GF} - \mathbf{E}\Omega] = 0.$$

Dans le système des forces de valence, les matrices **G** et **F** ont les expressions

---

([3]) C. Redlich, *J. Chem. Phys.*, 9, 1941, p. 175.

([4]) *Rev. Mod. Phys.*, 12, 1940, p. 175.

([5]) On a estimé la fréquence non observée ν_3^* à 1698 puisqu'elle doit être un peu plus grande que ν_1^*, comme le montre la comparaison de ν_1 à ν_3.

([6]) *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 119.

([7]) R. E. Weston Jr, et M. H. Sirvetz, *J. Chem. Phys.*, 21, 1952, p. 1820.

suivantes pour les vibrations (A_1)

$$\mathbf{G} = \begin{vmatrix} \mu + \mu_0(1 + 2\cos\theta) & -\frac{2(1-\cos\theta)(1+2\cos\theta)}{\sin\theta}\mu_0 \\ -\frac{2(1-\cos\theta)(1+2\cos\theta)}{\sin\theta}\mu_0 & \frac{2(1+2\cos\theta)}{1+\cos\theta}[\mu + 2(1-\cos\theta)\mu_0] \end{vmatrix},$$

$$\mathbf{F} = \begin{vmatrix} f_1 + f_2 & g_6 + \frac{1}{2}g_5 \\ g_6 + \frac{1}{2}g_5 & g_2 + g_4 \end{vmatrix}$$

et pour les vibrations (E)

$$\mathbf{G} = \begin{vmatrix} \mu + \mu_0(1-\cos)\theta & \frac{(1-\cos\theta)^2}{\sin\theta}\mu_0 \\ \frac{(1-\cos\theta)^2}{\sin\theta}\mu_0 & \frac{1}{1+\cos\theta}[\mu(2+\cos\theta+\mu_0(1-\cos\theta)^2] \end{vmatrix},$$

$$\mathbf{F} = \begin{vmatrix} f_1 - \frac{1}{2}f_2 & \frac{1}{4}g_5 - \frac{1}{4}g_6 \\ \frac{1}{4}g_5 - \frac{1}{4}g_6 & g_2 - \frac{1}{2}g_4 \end{vmatrix},$$

où μ et μ_0 désignent les inverses des masses des atomes H et P. En utilisant six équations indépendantes, obtenues à partir de PH_3 et de PD_3, on a calculé (en dynes/cm.10^5) les valeurs suivantes des constantes de force, avec, pour comparaison, celles de NH_3 et de AsH_3 (7).

	f_1.	f_2.	g_2.	g_4.	g_5.	g_6.
NH_3......	7,171	0,074	0,612	−0,087	0,291	0,436
PH_3......	3,389	0,066	0,396	−0,071	0,005	−0,057
AsH_3......	2,878	−0,032	0,301	−0,018	−0,276	0,305

3. f_2 est la constante de couplage longueur-longueur. Son signe pour PH_3 est positif. Donc, à l'approximation ci-dessus pour l'estimation des fréquences normales, on peut conclure qu'il s'exerce une force répulsive entre H...H de PH_3, si l'on admet la suggestion de Duchesne et Ottelet (6) pour l'origine de cette constante. Les constantes de couplages f_2 et g_4 pour PH_3 sont plus proches de celles de NH_3 que de celles de AsH_3. C'est l'inverse pour f_1 et g_2.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Spectres d'absorption infrarouge de quelques carbures saturés aliphatiques* (350 à 700 cm^{-1}). Note de Mlle **Marie-Thérèse Donneaud**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons déterminé, entre 350 et 700 cm^{-1}, les spectres d'absorption infrarouge de carbures saturés aliphatiques à chaîne normale allant du pentane au cétane et de carbures saturés aliphatiques ramifiés à l'état liquide. Essai d'interprétation de ces spectres et d'attribution de certaines bandes d'absorption aux vibrations de la forme stable de la chaîne carbonée.

Les spectres moléculaires, obtenus par effet Raman ou spectrographie infrarouge, indiquent que *de nombreux composés organiques existent sous plusieurs formes moléculaires en équilibre : leurs proportions respectives varient avec la température et la dilution*. Les paraffines, à l'état solide, ne possèdent plus qu'une seule configuration (forme stable) qui, suivant les rayons X, est la forme en zig-zag. Si les spectres de diffusion à basse température sont connus pour certaines paraffines, les spectres infrarouges restent peu nombreux et ne concernent que la région des nombres d'ondes supérieurs à 700 cm^{-1}.

Au moyen d'un spectrographe Perkin-Elmer, muni d'un prisme de bromure de cæsium, nous avons enregistré, entre 350 et 700 cm^{-1}, les spectres infrarouges d'une vingtaine de carbures saturés aliphatiques à chaîne droite ou ramifiée, liquides dans les conditions ordinaires. Dans cette région, le coefficient d'absorption de ces corps est beaucoup plus faible qu'entre 1 600 et 700 cm^{-1} par exemple : *pour obtenir des bandes d'intensité mesurable, il faut utiliser des cuves de plusieurs millimètres d'épaisseur*.

I. — *Paraffines à chaîne droite*. (Positions des bandes en cm^{-1}.)

Pentane.	Hexane.	Heptane.	Octane.	Nonane.	Décane.	Dodécane.	Cétane.
–	–	–	–	–	–	–	345 ± 3
–	402 ± 4	399 ± 2	–	400 ± 4	402 ± 2	400 ± 3	400 ± 5
422 ± 4	423 ± 3	408 ± 2	421 ± 2	–	422 ± 2	–	–
–	–	420 ± 2	432 ± 2	–	432 ± 2	428 ± 8	430 ± 6
–	458 ± 2	460 ± 2	458 ± 2	459 ± 3	–	458 ± 2	–
471 ± 5	470 ± 3	–	471 ± 2	–	465 ± 3	469 ± 3	471 ± 2
–	488 ± 4	488 ± 4	496 ± 1	493 ± 2	–	–	–
–	–	–	–	506 ± 3	–	–	–
540 ± 5	540 ± 3	537 ± 4	538 ± 3	529 ± 3	530 ± 8	535 ± 4	542 ± 2
–	606 ± 6	606 ± 4	606 ± 4	–	–	606 ± 4	606 ± 4
–	644 ± 4	660 ± 1	–	–	–	–	–

Ces bandes proviennent uniquement des vibrations de déformation plane de la chaîne. On peut les dénombrer, pour la forme stable, et les classer dans les groupes A_g, A_u, B_g, B_u, ou A_1, A_2, B_1, B_2, si l'on considère les groupements CH, CH_2, CH_3 comme ponctuels. Avec cette hypothèse, en admettant une fonction potentielle simple, dans laquelle la constante H de déformation est caractéristique de la chaîne carbonée considérée, nous avons calculé les nombres d'ondes ν', pour les vibrations de déformation plane. ν' est fonction d'un paramètre λ caractéristique de la vibration : $\lambda = n'\pi/n$ ($1 \leqq n' \leqq n-2$) (n, nombre d'atomes de carbone de la chaîne). Pour n' impair les vibrations appartiennent aux types A_g ou A_1, et, pour n' pair aux types B_u ou B_2.

La vibration $\lambda = \pi/n$, très symétrique, donne une raie Raman intense et polarisée, qu'il est facile d'obtenir expérimentalement. On en déduit la valeur de H correspondante. Ce calcul fournit aussi, en fonction de la longueur de la

chaîne carbonée, des limites inférieure et supérieure pour les nombres d'ondes des vibrations considérées.

Nous proposons les attributions suivantes (en cm^{-1}) :

Propane..........	370 (A_1)	–	–	–	–
Butane...........	432 (A_g)	? (B_u)	–	–	–
Pentane..........	400 (A_1)	471 (B_2)	279 (A_1)	–	–
Hexane..........	370 (A_g)	540 (B_u)	460 (A_g)	? (B_u)	–
Heptane..........	310 (A_1)	537 (B_2)	505 (A_1)	338 (B_2)	? (A)

II. — *Paraffines à chaîne ramifiée.* (Positions des bandes en cm^{-1}.)

Méthyl-2 butane.	Méthyl-2 pentane.	Méthyl-3 pentane.	Triméthyl-2.2.4 pentane.	Triméthyl-2.2.5 hexane.	Éthyl-3 décane.
377 ± 2	–	–	350 ± 5	348 ± 5	349 ± 8
–	386 ± 2	388 ± 2	–	376 ± 2	–
419 ± 2	423 ± 2	415 ± 2	398 ± 2	–	398 ± 2
–	449 ± 3	446 ± 2	–	400 ± 2	–
463 ± 3	473 ± 5	470 ± 3	419 ± 2	414 ± 3	422 ± 2
535 ± 3	–	535 ± 3	–	430 ± 3	430 ± 2
–	549 ± 3	546 ± 2	457 ± 3	–	–
–	–	–	–	480 ± 4	471 ± 3
–	–	–	–	498 ± 2	–
–	–	–	509 ± 3	–	544 ± 4
–	–	–	–	546 ± 2	–
–	–	–	–	–	590 ± 4

Diméthyl-2.2 butane.	Diméthyl-2.3 butane.	Diméthyl-2.4 pentane.	Diméthyl-2.4 hexane.	Diméthyl-3.4 hexane.	Diméthyl-2.7 octane.
–	341 à 355	951 ± 3	–	–	347 ± 3
399 ± 2	401 ± 2	400 ± 3	400 à 422	399 ± 3	–
419 $\left\{\begin{matrix}+3\\-8\end{matrix}\right.$	410 ± 2	421 ± 2	–	422 ± 3	427 ± 7
–	–	–	–	432 ± 3	–
–	–	–	–	455 ± 2	–
–	–	464 ± 2	461 ± 4	466 ± 3	461 ± 8
473 ± 4	–	–	–	–	–
483 ± 3	478 ± 2	–	–	483 ± 2	490 ± 6
–	–	–	514 ± 3	–	519 ± 5
541 ± 3	543 ± 3	541 ± 3	–	–	–
–	–	–	547 ± 2	–	–
–	–	–	–	559 ± 5	553 ± 5
–	–	–	584 ± 4	589 ± 5	–
610 ± 4	–	606 ± 4	–	–	–
–	–	639 ± 4	–	648 ± 3	–

Le nombre des termes étudiés est trop faible, pour qu'on puisse interpréter les spectres obtenus.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Premiers résultats obtenus avec l'accélérateur de particules à 1 million de volts, installé à Lyon.* Note (*) de MM. **Jean Thibaud**, **Pierre Verzaux** et **Raymond Salin**, présentée par M. Maurice de Broglie.

L'accélérateur comporte un générateur à haute tension du type Greinacher, équipé de redresseurs au sélénium, et un tube à quatre sections, suivi d'un spectromètre magnétique et de trois cibles refroidies, avec vannes permettant de changer rapidement les éléments bombardés. L'ensemble de l'installation est entouré d'une cage Faraday en métal déployé, soudé et mis au sol, la température est stabilisée par un plancher chauffant : grâce à ces dispositifs et aux grandes dimensions de la salle, on n'a jamais observé de décharges au sol; nous envisageons donc d'accroître la tension au-delà de 1 million de volts. Après réglage de la focalisation (lentilles électrostatiques), essais des circuits de contrôle et de sécurité, la mise en service eut lieu, le 20 juillet 1953. Depuis, ce matériel fonctionne avec régularité, dans les conditions suivantes :

a. Avec une source ionique du type Cockroft alimentée sous 70 kV, dans les conditions de focalisation électrostatique les meilleures (500 kV), le faisceau total atteint 300 μA, sur lesquels l'électro-aimant sépare un courant de protons de 155 μA. La tension limite actuelle en charge avoisine 1 million de volts.

b. La radiation X au voisinage de la machine en fonctionnement a été trouvée très faible : dans la salle de cibles, protégée par une dalle horizontale de béton, elle permet un excellent fonctionnement des compteurs légèrement blindés (*fig*. 1, le « fond » de rayons X au niveau *a*-*b*); dans la salle de contrôle, elle-même encore mieux protégée par un sas et un épais mur de béton, elle devient inappréciable. Ceci a un intérêt particulier pour l'emploi des plaques nucléaires, surtout du type Ilford G_5.

c. Les premières réactions nucléaires étudiées, destinées à l'étalonnage du voltmètre du générateur, au contrôle des compteurs, de la stabilité de marche, sont du type (p, γ) sur éléments légers. En prenant pour cible un dépôt mince de LiF sur nickel, on obtient une émission γ croissant avec la tension et présentant les changements de pente connus, correspondant aux résonances nucléaires des noyaux respectifs F et Li, à 340 et 873 kV pour F et 441 kV pour Li.

d. Avec une cible de carbone (disque épaisseur 2 mm) on a repéré la résonance à 456 kV de la réaction $^{12}C(p, \gamma)^{13}N$ et la présence de ^{13}N radioactif de période 10 mn, mise en évidence après retrait de la cible : $^{13}N(\beta^+)^{13}C$.

e. Les défauts des cibles du type *c*, sont leur inégalité d'épaisseur, leur usure rapide en cours de bombardement dès que le débit en protons ou la

(*) Séance du 22 novembre 1954.

tension s'élèvent, de plus, on observe souvent un dépôt carboné provenant de la décomposition de l'huile des pompes à diffusion. Il est intéressant de pouvoir reconstituer, sur le vide même, une couche mince, toujours neuve. Dans

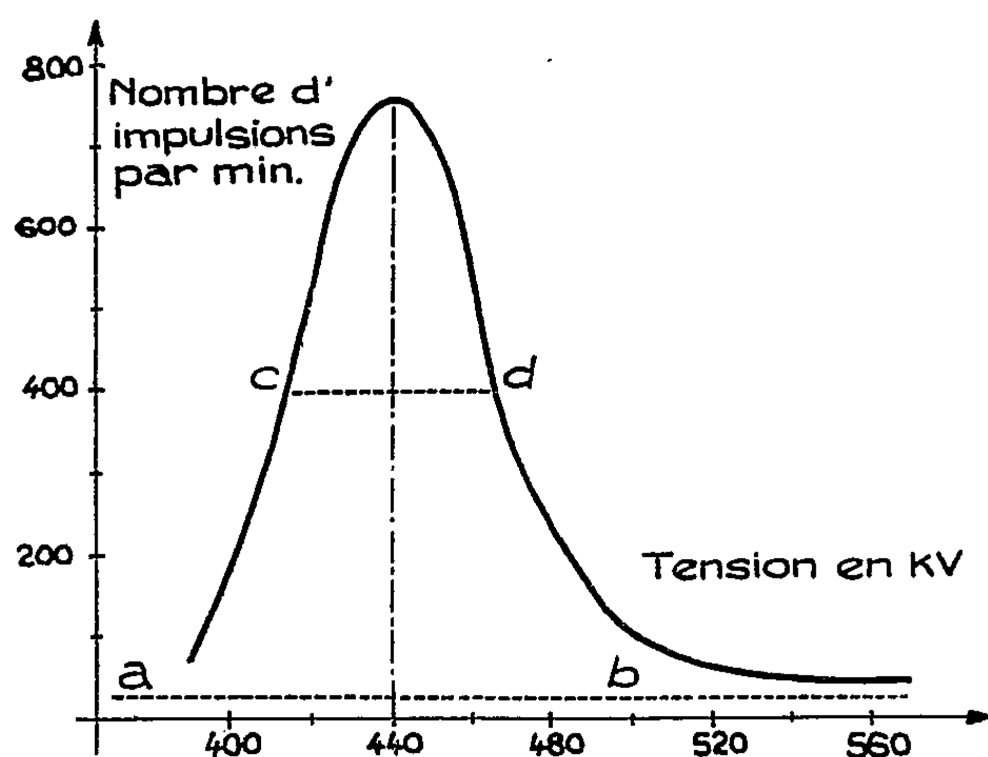


Fig. 1.

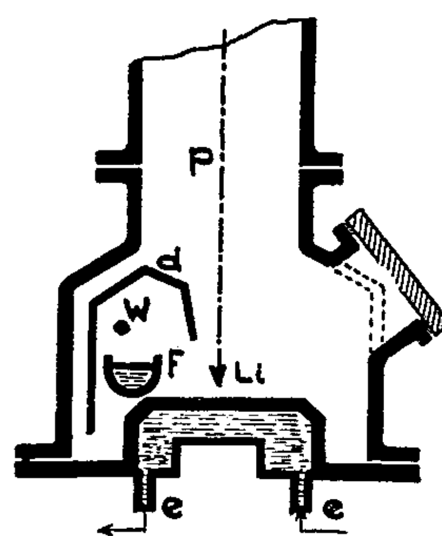


Fig. 2.

le cas du lithium, nous avons établi une cible refroidie (*fig.* 2) avec four *f* en molybdène et déflecteur *d* (le réservoir de Li est chauffé par un filament incandescent W), qui s'est révélée d'un fonctionnement très souple. La cible comporte un enfoncement, ce qui permet de loger, dans de bonnes conditions d'angle solide, un fragment à activer par l'effet des γ du Li. (On a étudié la photo-activation du cuivre.)

f. La réaction ${}^{7}\mathrm{Li}(p, \gamma){}^{8}\mathrm{Be}$, étudiée avec le four ci-dessus et à l'aide de compteurs Geiger-Müller logés dans une protection de 5 cm de plomb, est un bon moyen de déterminer l'efficacité de l'ensemble de l'équipement. Cette réaction présente, par exemple, une résonance pour une énergie de 441 kV des protons ($h\nu$ émis 17 MeV), qui doit se manifester par un pic dans l'émission des rayons γ, lorsqu'on accroîtra lentement la tension, pic d'autant plus aigu que l'homogénéité de vitesse des protons primaires sera plus grande. On peut constater sur la figure 1 que la largeur *cd* du pic de résonance que nous avons observée pour 440 kV est de 55 kV; la largeur normale de cette raie étant de 22 kV, il en résulte que l'étalement supplémentaire de la raie dû à l'inhomogénéité de vitesse des protons est d'environ 33 kV, valeur raisonnable pour le fonctionnement d'une source Cockroft alimentée sous plus de 50 kV.

g. En vue de remplacer la source de Cockroft actuelle par une source ionique à plus grand débit fournissant des protons de vitesse homogène, nous préparons l'équipement d'un accélérateur avec une source à haute fréquence. Pour cela, M. Depraz a monté un second accélérateur, avec spectromètre magnétique, fonctionnant sous une tension de 250 000 V, dont le tube est spécia-

lement aménagé pour pouvoir essayer les divers modèles de source ionique dont on veut apprécier l'efficacité.

h. Des plaques Ilford G_5 installées près de la cible de LiF sous incidence rasante et à l'abri de 5 cm de plomb, ont permis d'identifier avec facilité (justement à cause de la faiblesse du fond de radiations X), un grand nombre de paires formées à partir du rayonnement γ (G. Marguin, M. Maitrot).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude magnétooptique des alcoylstannanes.* Note (*) de MM. **Daniel Voigt**, **Michel Lesbre** et **Fernand Gallais**, présentée par M. Paul Pascal.

L'étude magnétooptique des huit premiers tétraalcoysltannanes normaux a permis d'observer que l'incrément de rotation du groupement CH_2 présente une variation alternative qui va en s'atténuant pour conduire, après $Sn(C_5H_{11})_4$, à une valeur qui est celle du module de CH_2 dans les alcanes et leurs dérivés. La contribution du groupe (SnC_4) peut donc être déduite des constantes des termes les plus élevés de la série.

Les stannanes ont été préparés par action des organomagnésiens sur le chlorure stannique (¹). Pour obtenir des rendements satisfaisants (63 à 90 %) avec les termes supérieurs, l'éther était chassé partiellement au bout de deux heures de reflux et remplacé par du xylène bouillant, dans lequel la réaction s'achevait en 8 à 10 h. L'oxyde de butyle est préférable à l'éther pour le méthyl stannane (²).

Malgré la présence d'un grand excès de magnésien (8 mol pour 1 mol de Cl_4Sn) il se fait toujours du dérivé monochloré R_3SnCl, que la distillation fractionnée élimine imparfaitement. La purification des stannanes bruts a été réalisée par précipitation de ce dérivé, soit sous la forme d'ammoniacate au sein de l'éther, soit sous forme de monofluorure insoluble dans l'eau (³). Pour éviter des réactions de pyrolyse, les stannanes supérieurs furent rectifiés sous un vide poussé.

Du méthyl à l'octylstannane les points d'ébullition étaient : 76°5/750 mm de Hg; 78°/13 mm; 113°/10 mm; 145°/11 mm; 182°/10 mm; 193°/3 mm; 218°/3 mm; 224°/1 mm.

La mesure des rotations magnétiques moléculaires $[\rho]_M$ a été effectuée en utilisant un électroaimant permettant d'obtenir une chute de potentiel magnétique de l'ordre de 50 000 gauss.cm.

(*) Séance du 22 novembre 1954.

(¹) E. Krause et A. von Grosse, *Die Chemie der Metallorganischen Verbindungen*, Berlin, 1937, p. 315.

(²) W. Edgell et H. Ward, *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 1169.

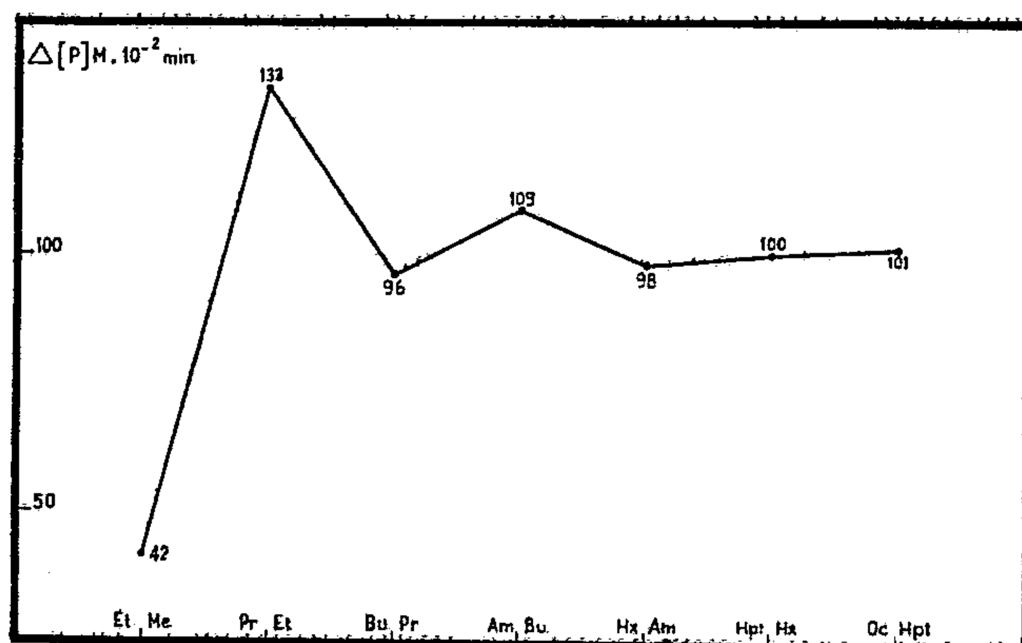
(³) M. Lesbre et R. Dupont, *C. R. du 78e Congrès des Sociétés Savantes*, Toulouse, 1953, p. 431.

Les doubles rotations observées ont été rapportées à celle de l'eau : 0,01543 minutes à 11°,5 pour $\lambda = 0{,}546\,\mu$ (4).

Nous avons rassemblé dans le tableau ci-après l'essentiel de nos mesures et de nos résultats. D_4^t est la densité de la température t des mesures optiques ρ est la constante de Verdet pour $\lambda = 0{,}578\,\mu$; $[\rho]$ est la constante spécifique; outre $[\rho]_M$ nous avons calculé la rotativité $[\Omega]_M = [\rho]_M [9n/(n^2+2)]$ où n est l'indice de réfraction dans la longueur d'onde. Enfin δ représente la dispersion $\rho_{0,436}/\rho_{0,578}$.

	Sn-4-Me.	Sn-4-Et.	Sn-4-Pr.	Sn-4-Bu.	Sn-4-Am.	Sn-4-Hex.	Sn-4-Hept.	Sn-4-Oct.
t^o	20,0	17,0	16,9	17,8	18,7	16,9	20,5	20,4
D_4^t	1,2936	1,2000	1,1108	1,0560	1,0182	0,9978	0,9744	0,9606
ρ minutes	0,02722	0,02139	0,02106	0,01971	0,01912	0,01858	0,01805	0,01777
$[\rho]$ minutes	0,02104	0,01782	0,01896	0,01867	0,01878	0,01862	0,01853	0,1850
$[\rho]_M \cdot 10^{-2}$ minutes	$376,_5$	$418,_8$	$551,_8$	$648,_2$	$757,_2$	$855,_2$	$954,_7$	$1057,_0$
$n_{0,578\mu}^t$	1,4441	1,4732	1,4782	1,4753	1,4749	1,4752	1,4740	1,4736
$[\Omega]_M \cdot 10^{-2}$ minutes	$293,_4$	$319,_3$	$419,_1$	$493,_4$	$576,_2$	$650,_6$	$727,_3$	$806,_0$
δ	1,91	1,88	1,88	1,88	1,87	1,86	1,85	1,86

En considérant les rotations et les rotativités des stannanes successifs, on s'aperçoit que, pour les premiers termes, leurs valeurs ne sont pas en progression arithmétique comme ce serait le cas si la loi d'additivité s'appliquait normalement à cette série; ce n'est guère qu'à partir du tétra-amyl-stannane que l'on peut observer une différence à peu près constante d'un terme à l'autre.



Sur la courbe ci-dessus, qui représente pour chaque couple cette différence entre rotations moléculaires, on peut observer que, pour les premiers termes de la série il y a un phénomène d'alternance très marqué qui s'atténue ensuite, pour conduire, pour les termes les plus élevés à une valeur sensiblement constante, très voisine de 100.

(4) R. de Malleman, P. Gabiano et F. Guillaume, *J. Phys. Rad.*, 5, 1944, p. 41.

Le passage d'un stannane à l'autre se traduit dans la molécule par l'addition de 4 CH_2, et c'est donc celle-ci qui se manifeste par une augmentation du module moléculaire de 100.10^{-2} minutes. Or, le module d'un chaînon CH_2 a précisément été reconnu égal à 25, dans les alcanes et leurs dérivés. Nous pensons donc avoir atteint dans la série des stannanes le point où la loi d'additivité devient applicable avec une rigueur suffisante. Dans ces conditions, on peut, à partir des constantes moléculaires des termes supérieurs calculer le module de l'étain *lié à quatre atomes de carbone* par soustraction de la contribution normale des chaînes hydrocarbonées. La valeur ainsi obtenue est $[\rho]_{Sn} = 225 \pm 1$.

On peut aussi calculer la constante de la liaison (Sn — C) par soustraction de la contribution du nombre convenable d'atomes de carbone et d'hydrogène. On obtient alors pour $[\rho]_{Sn\,C_4}$ le module de 262 ± 1.

Les propriétés magnétooptiques des stannanes doivent être rapprochées de leurs propriétés magnétiques et de leur réfractivité; Pascal ([5]) a montré que la contribution de l'étain au coefficient d'aimantation moléculaire de ces composés tend asymptotiquement vers une valeur limite qui se confond d'ailleurs avec la valeur mesurée pour l'élément métallique. Par contre l'incrément de réfractivité pour un groupement CH_2 présente des variations alternatives qui ne montrent encore aucun signe d'affaiblissement pour le terme en C_8 ([6]), ([7]). Dans l'effet Faraday des stannanes, on retrouve donc en partie le caractère de leurs propriétés magnétiqnes et en partie celui de leurs propriétés optiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Comportement de l'époxide de vitamine* A *au contact d'oxyde de zinc.* Note de M. **Marcel Cormier**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'époxyde de vitamine A, au contact d'oxyde de zinc préalablement chauffé à 1180°, donne lieu à de la vitamine A alcool.

L'oxyde de zinc, chauffé entre 1100 et 1200°, subit des modifications optiques, chimiques et électriques par suite de la formation ou de l'augmentation des défauts de réseau. Ceux-ci créent une absorption Debye hertzienne telle qu'elle peut être mesurée pour chaque échantillon (M. et R. Freymann) ([1]). Ces défauts sont dus au départ d'oxygène et à l'apparition d'atomes de Zn ou d'ions Zn^{++} et Zn^{+} en position interstitielle (Heiland) ([2]) ou dans de véritables lacunes. Des oxydes de zinc ainsi traités pourront fixer l'oxygène mobile

---

([5]) P. Pascal, *Comptes rendus*, 159, 1914, p. 429.

([6]) K. Fajans, *Chem. Engin. News*, 27, 1949, p. 900.

([7]) B. E. Cook, *Thèse Ann. Arbor. Michigan*, 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1125; *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 589.

([2]) *Z. Phys.*, 132, 1952, p. 367.

de certains composés organiques ou réduire ces composés si le produit réduit est suffisamment stable.

Dans le but de vérifier cette hypothèse, nous avons étudié le comportement de l'époxyde de vitamine A en présence d'oxydes de zinc ainsi traités. Nous avons utilisé des échantillons d'oxydes de zinc d'origines connues, dont l'absorption Debye hertzienne avait été mesurée par M. et R. Freymann [1].

Dans une première expérience, nous avons utilisé *un oxyde de zinc préparé par R. Rohmer* [3] *à partir du sulfate de zinc*. Après 4 jours de dessiccation à 180°, l'oxyde avait été chauffé 6 h à 1180°, puis refroidi rapidement. Nous avons introduit 2,50 g de cet oxyde traité dans une petite colonne à chromatographie et avons fait passer 1 cm^3 d'une solution d'*époxyde de vitamine* A, préparée par autoxydation, à l'abri de la lumière, pendant quelques jours, d'une solution de 1000 μg de vitamine A-alcool dans 100 cm^3 d'éther de pétrole (É 40 — 50°). Cette solution d'époxyde de vitamine A, diluée au centième, présentait alors un coefficient d'extinction $\varkappa = 0{,}313$ par centimètre cube à 275 $m\mu$. Nous avons recueilli les liquides d'élution par fractions de 5 cm^3 et déterminé leurs spectres d'absorption dans l'ultraviolet. Les modifications du spectre sont rapportées dans le tableau :

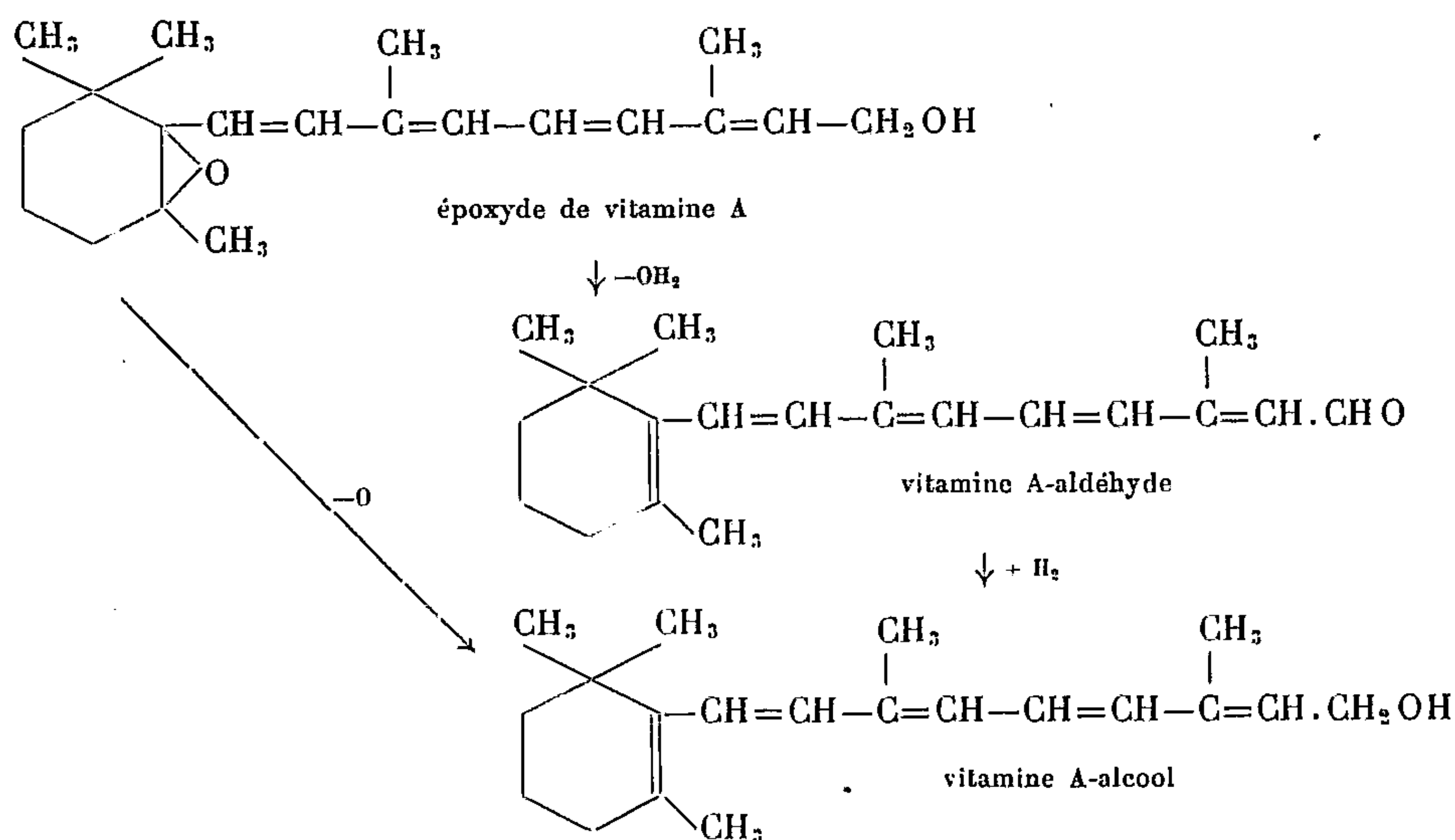
	Maximum d'absorption ($m\mu$).	$\varkappa$.	Nature du composé.
Avant passage sur ZnO traité...	275	31,3	époxyde de vitamine A
Après passage sur ZnO traité :			
1re fraction de 5 cm^3.........	280	0,430	» »
	365-368	0,449	vitamine A aldéhyde
2e fraction.................	275	1,260	époxyde de vitamine A
	328	0,252	vitamine A alcool
3e fraction.................	0	0	–

Nous voyons donc apparaître dans les fractions successives un isomère de l'époxyde de vitamine A, de la *vitamine* A-*aldéhyde*, puis de la *vitamine* A-*alcool*, comme si dans un premier temps l'époxyde, au contact de l'oxyde de zinc, subissait une déshydratation, suivie, dans un deuxième temps, d'une réduction au contact du zinc présent dans les défauts de réseau, comme le montrent les formules ci-après.

Ces réactions peuvent également être interprêtées de la façon suivante : une partie de l'époxyde se déshydrate en vitamine A aldéhyde, qui est ensuite détruit et une autre partie de l'époxyde perd son oxygène mobile qui est accepté par les lacunes de l'oxyde zincique, les deux électrons libérés expliquant le rétablissement de la cinquième double liaison.

---

(3) R. Rohmer et M. Tiennot, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 234.



Dans une autre expérience, nous avons utilisé *un oxyde de zinc du commerce*, traité à 1180° dans les mêmes conditions que le précédent. Nous en avons introduit 5 g dans la colonne à chromatographie et avons fait passer une quantité de solution d'époxyde égale à celle utilisée dans l'expérience précédente; nous avons recueilli plusieurs fractions de 5 cm^3 de liquide d'élution. Dans cette expérience, seule la première fraction de 5 cm^3 présentait un maximum d'absorption à 328 mμ; $\varkappa = 0,742$; les autres fractions ne présentaient plus de maximum. On constate donc que l'époxyde de vitamine A, au contact de l'oxyde traité à 1180°, *donne d'emblée de la vitamine* A *alcool*, l'oxygène de l'époxyde ayant été capté par l'oxyde de zinc présentant des défauts de réseau; celui-ci se conduit comme un bon accepteur d'oxygène. Il serait désormais intéressant de déceler le gain d'oxygène par l'oxyde de zinc ou de constater la diminution des défauts de réseau.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Incrément de réfraction du groupement* TiO_4 *dans les orthotitanates d'alcoyle*. Note (*) de M. ANTONIN DELUZARCHE, présentée par M. Louis Hackspill.

L'incrément de réfraction du groupement TiO_4 dans les orthotitanates d'alcoyle a été déterminée. La valeur trouvée est de $20,63 \pm 0,06$.

On trouve dans la littérature les résultats de mesures de la densité et de l'indice de réfraction de certains orthotitanates d'alcoyle, mais à notre connais-

(*) Séance du 22 novembre 1954.

sance aucune valeur relative aux réfractions moléculaires et à l'incrément de réfraction du groupement TiO_4. Nous avons tout d'abord effectué les calculs à partir des données existantes, mais ils ont conduit à des résultats assez incohérents présentant des écarts parfois inadmissibles. Ceci s'expliquant d'ailleurs assez bien par les difficultés des déterminations dues à la grande rapidité de l'hydrolyse, au manque de pureté de certains alcools ([1]), ([2]) et au peu de stabilité vis-à-vis de la chaleur des orthotitanates supérieurs ([2])

La réfraction moléculaire pouvant dans certains cas présenter de l'intérêt dans l'étude des orthotitanates d'alcoyle, nous l'avons déterminée en nous adressant aux orthotitanates de propyle et de butyle pour lesquels l'hydrolyse n'est pas trop rapide et la température de distillation pas trop élevée; de plus ces ortho-ethers sont faciles à préparer à partir des alcools correspondants que l'on peut obtenir d'une bonne pureté.

En raison de l'hydrolyse rapide les indices de réfraction n'ont pu être déterminés avec un réfractomètre du type Abbe. Nous avons dû transformer un appareil de Ferry; sa cuve a été munie d'un couvercle parfaitement étanche et sa constance de température assurée à 0°,1 près par une enceinte thermostatique (cuve et pompe). Les densités sont déterminées avec la même précision au point de vue température et en se protégeant contre l'hydrolyse.

Nous avons adopté pour les incréments du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène les valeurs d'Eisenlohr qui sont les plus couramment adoptées. L'incrément du titane a été calculé en prenant pour l'oxygène 1,643.

Nos résultats sont groupés dans le tableau ci-dessous :

Orthotitanate de	t°.	$d\left(\frac{t_0}{4}\right)$.	IR_D.	RM.	Incrément pour TiO_4.	Incrément pour Ti.
Butyle	25	0,9955	1,4905	98,92	20,63	14,06
»	30	0,9921	1,4885	98,91	20,62	14,05
»	35	0,9878	1,4863	98,96	20,67	14,10
»	40	0,9846	1,4842	98,92	20,63	14,06
Propyle	35	1,0309	1,4950	80,41	20,59	14,02

En admettant une erreur de 0,0002 sur l'indice de réfraction et sur la densité, l'erreur sur RM c'est-à-dire

$$\frac{n^2-1}{n^2+2}\frac{M}{d^2}dd + \frac{6n}{(n^2+2)^2}\frac{M}{d}dn$$

est de 0,06. Il convient donc de relever comme résultat définitif les valeurs de $20,63 \pm 0,06$ pour l'incrément de TiO_4 et de $14,06 \pm 0,06$ pour celui du titane.

([1]) G. Dupont et R. Dulou, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1860.

([2]) A. Deluzarche, *Thèse*, Strasbourg, 1954.

PHOTOCHIMIE. — *Sur la photolyse du ferrocyanure de potassium en solution aqueuse.* Note de M. **Guy Emschwiller** et Mlle **Jacqueline Legros**, présentée par M. Paul Pascal.

L'utilisation quantitative de la lumière a été précisée et le rendement quantique trouvé égal à 0,44, à la température de 20°, pour la longueur d'onde 0,366 μ. La cinétique de la décomposition photochimique est conditionnée par la cinétique de la réaction inverse non photochimique, tout particulièrement sensible à la concentration même du ferrocyanure et aussi au pH de la solution.

L'action chimique de la lumière sur les solutions aqueuses des ferrocyanures a fait l'objet d'études nombreuses, mais on ne disposait encore d'aucune donnée quantitative sur l'utilisation de la lumière. Il paraît acquis qu'il y a formation de cyanure et de ferroaquopentacyanure et Baudisch a reconnu que le ferrocyanure est régénéré dans l'obscurité à partir des produits de la photolyse (1). Asperger a récemment étudié les cinétiques de la réaction photochimique et de la réaction inverse par une méthode indirecte, mettant à profit les variations de pH pour calculer la concentration du cyanure (2). Nous avons utilisé une méthode directe de dosage colorimétrique du ferroaquopentacyanure au moyen du nitrosobenzène (3), (4). Au début de l'irradiation à intensité constante, la quantité de ferroaquopentacyanure libérée est proportionnelle au temps, puis la vitesse diminue jusqu'à ce qu'on atteigne une teneur limite. Le ralentissement est dû, éventuellement et dans une mesure plus ou moins grande, au rôle d'écran interne joué par le ferroaquopentacyanure, mais surtout à la réaction inverse de recombinaison dont il importe, en conséquence, de préciser d'abord les caractéristiques.

La réaction inverse de recombinaison peut être suivie au mieux à partir de solutions de ferrocyanure préalablement éclairées; le ferroaquopentacyanure s'y trouve sensiblement sous une seule forme, celle qui réagit rapidement sur le nitrosobenzène et qu'il y a lieu de considérer comme monomère (4), (5). Les concentrations des solutions de ferrocyanure de potassium ont varié de 0,05 à 0,5 M; les concentrations de départ de chacun des deux réactifs issus de la photolyse étaient de l'ordre de 0,2 à 1.10^{-3} M. Leur réaction a bien été trouvée d'ordre 2 et la constante de vitesse apparaît sous la dépendance, non seulement de la température,

(1) *Berichte*, 62, 1929, p. 2706.

(2) *Trans. Faraday Soc.*, 48, 1952, p. 617.

(3) G. Emschwiller, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 72.

(4) G. Emschwiller, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 341.

(5) G. Emschwiller, Mme Ch. Cohn et Mlle J. Legros, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1213.

mais aussi de la concentration même du ferrocyanure et du pH; aussi bien importe-t-il d'opérer en milieu tamponné.

Dans des conditions de pH et de température données, la constante de vitesse de la réaction de recombinaison est inversement proportionnelle au carré de la concentration du ferrocyanure, tout au moins dans les cas étudiés où le ferrocyanure était en grand excès; ce résultat s'interprète de la façon la plus simple en admettant que la réaction se ferait entre cyanure et ferroaquopentacyanure activés et que le ferrocyanure serait susceptible de désactiver l'un et l'autre; nous avons d'ailleurs noté déjà précédemment une diminution de réactivité du ferroaquopentacyanure en présence de ferrocyanure ([4]). Les constantes de vitesse croissent avec l'acidité dans le domaine de pH qui s'étend de 11 à 7 environ, sans que la nature du tampon, borique ou phosphorique, semble exercer une influence très appréciable; la loi de variation est la même que celle du rapport des concentrations d'équilibre des molécules d'acide cyanhydrique et des ions cyanés, de telle sorte que l'on est conduit à penser que les molécules HCN réagiraient plus vite sur le ferroaquopentacyanure que les ions CN^-, de l'ordre de six fois à la température de 20°. Les constantes de vitesse sont très sensibles à l'influence de la température; elles sont divisées approximativement par 24 quand on passe de 20 à 0°, ce qui correspond à une énergie moyenne d'activation de l'ordre de 25 000 cal/mol, sensiblement d'accord avec la valeur indiquée par Asperger ([2]).

A partir des résultats qui précèdent, on justifie les caractéristiques fondamentales de la photolyse des solutions aqueuses de ferrocyanure et l'on peut calculer quelle en serait la cinétique si la réaction de recombinaison exerçait seule une action ralentissante. Du fait que les constantes de vitesse sont inversement proportionnelles au carré de la concentration du ferrocyanure, il résulte que la teneur limite en ferroaquopentacyanure doit être proportionnelle à la concentration du ferrocyanure, si les quantités de lumière absorbées et les rendements quantiques demeurent les mêmes. Il est aisé de démontrer que la teneur limite doit demeurer proportionnelle à la concentration du ferrocyanure quand intervient aussi l'effet d'écran interne du ferroaquopentacyanure. Cette conclusion a pu être vérifiée expérimentalement pour des concentrations de ferrocyanure allant de 0,05 à 0,5 M.

Les deux effets, de recombinaison et d'écran interne, exercent une influence d'autant plus faible que la concentration du ferrocyanure est plus grande; c'est ainsi que, pour les solutions M/2 de ferrocyanure, la décomposition photochimique demeure assez longtemps proportionnelle à la durée d'irradiation pour qu'on puisse procéder sans ambiguïté à des déterminations de rendement quantique. Opérant par comparaison avec l'actinomètre chimique à oxalate d'uranyle, conformément aux pres-

criptions de Forbes et Leighton (6), nous avons trouvé, pour la solution de ferrocyanure M/2 maintenue au pH 9,9, un rendement quantique égal à 0,44 à la température de 20° pour la longueur d'onde 0,366 μ, en admettant la valeur 0,49 pour l'oxalate d'uranyle dans les mêmes conditions; le nombre de photons-gramme absorbés par heure était de l'ordre de $0,65.10^{-3}$. Nous n'avons pas retrouvé la très grande influence, signalée par Asperger (2), de la concentration du ferrocyanure sur la vitesse initiale de photolyse. Le rendement quantique ne semble dépendre de façon importante ni de la concentration du ferrocyanure ni du pH (tout au moins dans le domaine de 7 à 10); il résulte d'essais effectués à 0° que le coefficient de température est faible.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude de la transformation martensitique au voisinage du point* M_s. Note (*) de MM. **Jean Philibert** et **Charles Crussard**, présentée par M. Albert Portevin.

Une transformation martensitique se produisant en dessous de l'ambiante est assez lente pour qu'on en puisse suivre l'évolution par dilatométrie isotherme. Étude de la cinétique de transformation dans la partie supérieure du domaine Ar''' d'un acier hypertrempé. Relations entre la stabilisation et les « réactions en chaînes » (formation quasi simultanée de paquetsde plaquettes de martensite).

Dans une étude antérieure (1) nous avions observé une transformation martensitique entièrement isotherme au cours d'un refroidissement par étages. Ce caractère « isotherme » de la transformation est très remarquable, car il contredit des idées couramment admises. Nous avons donc voulu voir si les mêmes particularités s'observent à la *première* transformation, juste au-dessous de M_s. Pour opérer dans un domaine Ar''' situé entièrement en dessous de l'ambiante, nous avons pris un acier à 2 % de C et 2,8 % de Cr, dont le point M_s est voisin de —10° à —15°, après austénitisation à 1 135° C. Nous avons effectué des trempes directes dans un bain d'isopentane refroidi, dont nous appellerons la température T_1 dans ce qui suit:

Pour T_1 située entre M_s et —40°, on ne décèle que peu de martensite (2 %). L'enregistrement dilatométrique (*fig.* 1 *a*) se détache un peu de la courbe de refroidissement simple, indiquant la formation d'un peu de martensite pendant le refroidissement. Micrographiquement, cette martensite apparaît en plaquettes isolées ou groupées par deux (en « fers de lances ») aux joints de macles.

Pour $T_1 < -40°$, on obtient beaucoup plus de martensite et un autre mode de transformation apparaît. L'enregistrement dilatométrique (*fig.* 1 *b*) montre

(6) *Amer. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 3139.

(*) Séance du 22 novembre 1954.

(1) J. Philibert et C. Crussard, *Soc. Franc. Métallurgie*, Congrès, Londres, avril 1954.

qu'en dessous d'une certaine température, M_b, située vers —20 à —25°, des sauts brusques apparaissent, correspondant à des « réactions en chaînes »; une fois l'équilibre thermique atteint, la réaction se poursuit néanmoins en une « queue isotherme ».

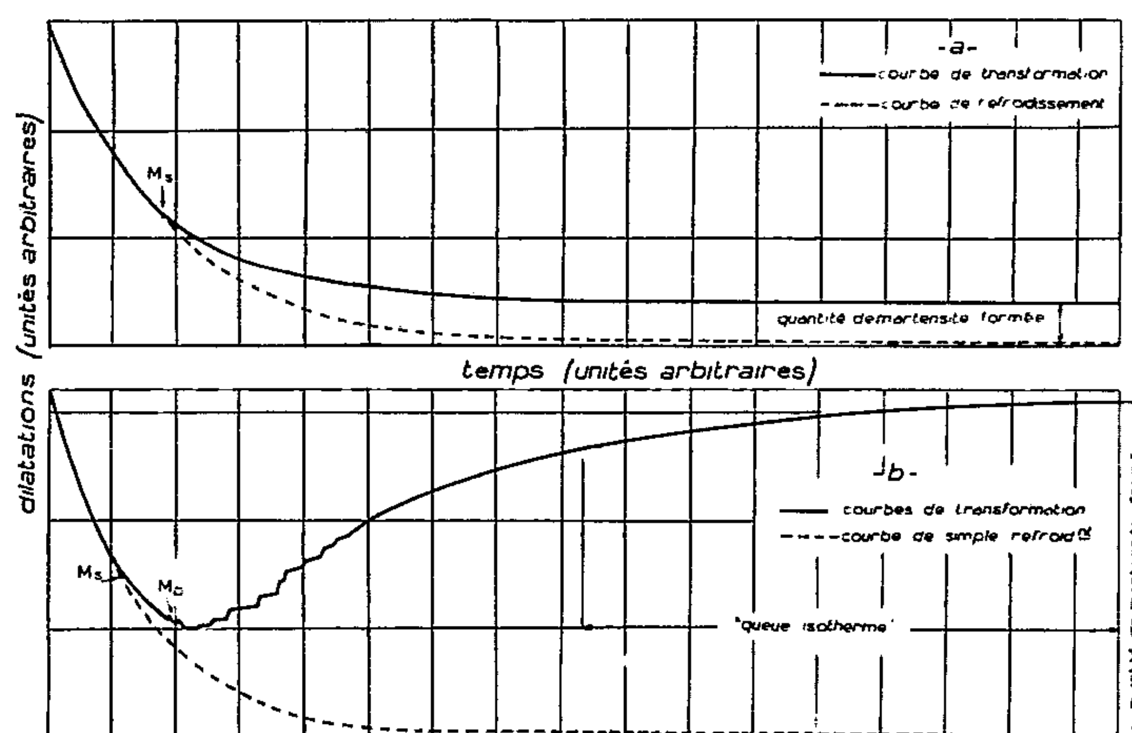


Fig. 1.

Si l'on porte en fonction de T_1 le pourcentage de martensite formée par trempe directe et maintien à T_1 jusqu'à ce que la transformation s'arrête, on obtient la figure 2*a*. Les points pour $T_1 > -40°$, et $< -40°$, s'alignent sur deux branches distinctes, correspondant aux deux modes décrits plus haut; à $T_1 = -40°$ on est tantôt sur l'une, tantôt sur l'autre branche.

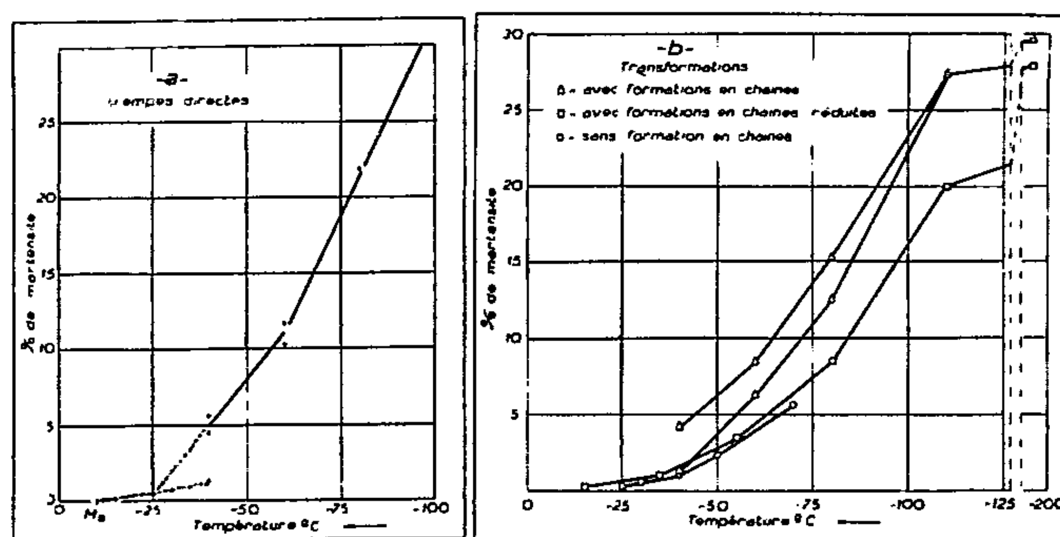


Fig. 2.

Si l'on fait subir à une éprouvette des refroidissements successifs à des températures T_1 décroissantes, avec séjours à l'ambiante intercalés, on constate qu'il y a stabilisation : les courbes de transformation (*fig.* 2*b*) accusent, à même valeur T_1, moins de martensite que dans le cas des refroidissements directs (*fig.* 2*a*). En outre, on observe que le temps de séjour à l'ambiante (toujours supérieur à 5 mn dans nos essais) n'a pas d'influence, ce qui prouve

que, pour cet acier, la stabilisation se produit très rapidement. De plus, en multipliant les étages de refroidissement, on observe (*fig.* 2*b*) des réactions en chaînes de plus en plus réduites (en quantité et en intensité) : celles-ci sont donc inhibées par la stabilisation, qui pourra intervenir à partir d'une température M_σ, ici égale à M_b.

Ces deux particularités de la stabilisation permettent d'expliquer l'existence de deux branches distinctes sur la courbe de transformation (*fig.* 2*a*) : au-dessus de $M_b(-25°)$, la quantité de martensite formée est de toute façon très faible. Pour $T_1 < M_b$, si l'éprouvette passe en M_b avec une vitesse de refroidissement faible, la stabilisation, très rapide comme nous l'avons vu, a le temps de se produire au cours du refroidissement, et supprime la formation de chaînes; c'est le cas si T_1 n'est pas trop inférieur à M_b(ici $-40° < T_1 < -25°$); d'où la branche inférieure de la figure 2*a*. Mais si $T_1 < -40°$, on passe vers M_b à une vitesse trop grande pour que la stabilisation ait le temps d'intervenir avant que les réactions en chaîne n'apparaissent; d'où la deuxième branche.

Dans un acier similaire, mais à teneur en C un peu moins élevée (1,4 % C et 2,55 % Cr), où la stabilisation se faisait plus lentement, l'un de nous avait observé (²) des réactions en chaînes dès l'ambiante ($M_b \# +15°$), alors que la stabilisation n'intervenait qu'au-dessous de $-16°$($M_\sigma = -16°$). Ainsi, en toute généralité; on peut dire : $M_\sigma \leq M_b$. Cette loi suggère que la stabilisation se produit dans les régions affectées par les réactions en chaînes. Autrement dit *l'apparition de réactions en chaînes est une condition nécessaire à la stabilisation, mais non suffisante :* encore faut-il des *conditions cinétiques* favorables, fonction de la composition, notamment de la teneur en carbone.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Mécanisme de la germination du graphite de recuit des fontes blanches prétrempées.* Note de MM. **Jacques Pomey**, **André Véragen** et **Pierre Mathon**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Les alliages fer-carbone, soumis à un triple traitement de trempe, de revenu prolongé vers 440° et de graphitisation à plus haute température présentent un graphite en grains excessivement fins et nombreux. L'étude des facteurs de la germination conduit à penser qu'elle est due à la décomposition spontanée du percarbure ε en graphite et cémentite, réaction masquée par la transformation ε hexagonal → ζ orthorhombique.

En 1926, D. Saito et H. Sawamura ont montré que la trempe préalable des fontes blanches pour malléable peut accroître la finesse de répartition du graphite de recuit; en 1931, A. Portevin et P. Chevenard ont montré, que la trempe de l'acier eutectoïde facilite la graphitisation au cours d'un revenu ultérieur. Enfin, en 1942, A. Hultgren et O. Edstrom ont montré que dans la fonte prétrempée, le revenu à 600° ou le réchauffage progressif entre 400

(²) J. Plateau, J. Duflot et C. Crussard, *Rev. Métallurgie*, 49, 1952, p. 815.

et 600° pouvait accroître le nombre de germes de graphite. Pour éclaircir le mécanisme de ce phénomène nous avons, sur des aciers forgés de même composition que la matrice des fontes blanches, déterminé les conditions de trempe et de revenu isotherme conduisant à un nombre élevé de germes de graphite en procédant, après recuit final à plus haute température, au dénombrement des grains de graphite s'étant ainsi formés. Parallèlement, nous avons étudié par voie thermomagnétique différentielle la nature des carbures issus de la trempe et leur évolution par revenu. Nous avons ensuite confirmé ces résultats sur les fontes elles-mêmes. Nous sommes ainsi arrivés aux lois suivantes :

1° Pour obtenir un nombre élevé de germes, la trempe doit être martensitique ou à transformation isotherme en bainite inférieure dans des conditions telles qu'il se forme le percarbure ε de Hofer défini par sa décomposition, débutant entre 300 et 400° selon la teneur en silicium, avec perte de ferromagnétisme en donnant naissance au percarbure ζ de Hägg, dont le point de Curie étalé se situe vers 260-280°. Par contre, si la transformation bainitique est effectuée à température trop élevée et donne un mélange des deux percarbures, le nombre des germes de graphite qu'il est possible de développer ultérieurement se trouve considérablement réduit et ceci d'autant plus que la quantité de percarbure ε est plus faible. Si la trempe bainitique conduit directement au seul carbure de Hägg, elle est impropre à accroître notablement le nombre de germes (tableau).

Nombre de germes de graphite par millimètre carré.

Structure de trempe.		Milieu de trempe.			Acier.	Acier dénitruré.	Fonte.
Martensite (carbure ε par revenu)...		huile	20°	–	2 200	10 000	6 000
		sel	180°	1 mn	–	10 000	6 000
Bainite	carbure ε.............	soude + potasse	230°	10 h	2 200	2 500	3 000
	mélange $\varepsilon + \zeta$.........	chlorures	300°	6 h	2 200	–	1 200
	carbure ζ.............	nitrates	300°	6 h	350	500	–
Perlite (cémentite)..............		plomb	680°	20 mn	80	120	200

Traitement : austénisation 850° trempe, germination 450° 48 h; graphitisation : soit 700° 150 h pour les aciers, soit 890° 1 h pour la fonte coulée en coquille.

2° Dans les revenus isochrones, le nombre de germes (*fig.* 1) passe par un maximum pour une température précise fonction de la composition et voisine de 430-450° qui coïncide avec la température de décomposition du percarbure ε préexistant.

3° Dans les revenus isothermes (*fig.* 2), la vitesse de germination est un phénomène transitoire; elle décroît, puis s'annule en même temps que la quantité de percarbure ε décroît rapidement par transformation $\varepsilon \rightarrow \zeta$ jusqu'à disparaître.

4° Une teneur relativement haute en silicium est nécessaire pour obtenir un nombre élevé de germes; or, comme nous l'avons montré ([1]), cet élément élève la température à laquelle le percarbure ζ fait place au percarbure ε, que ce soit par revenu de la martensite ou par décomposition isotherme de l'austénite en bainite. Le nickel et le cuivre renforcent l'effet du silicium.

5° La dénitruration à l'état liquide, avant la coulée, par addition d'aluminium, de titane ou de zirconium a pour effet d'accroître très notablement le nombre des germes qu'il est possible de développer, alors que l'addition d'azote à la teneur de 0,01 % a un effet inverse. On peut rapprocher de ceci le fait que l'azote stabilise les percarbures de fer.

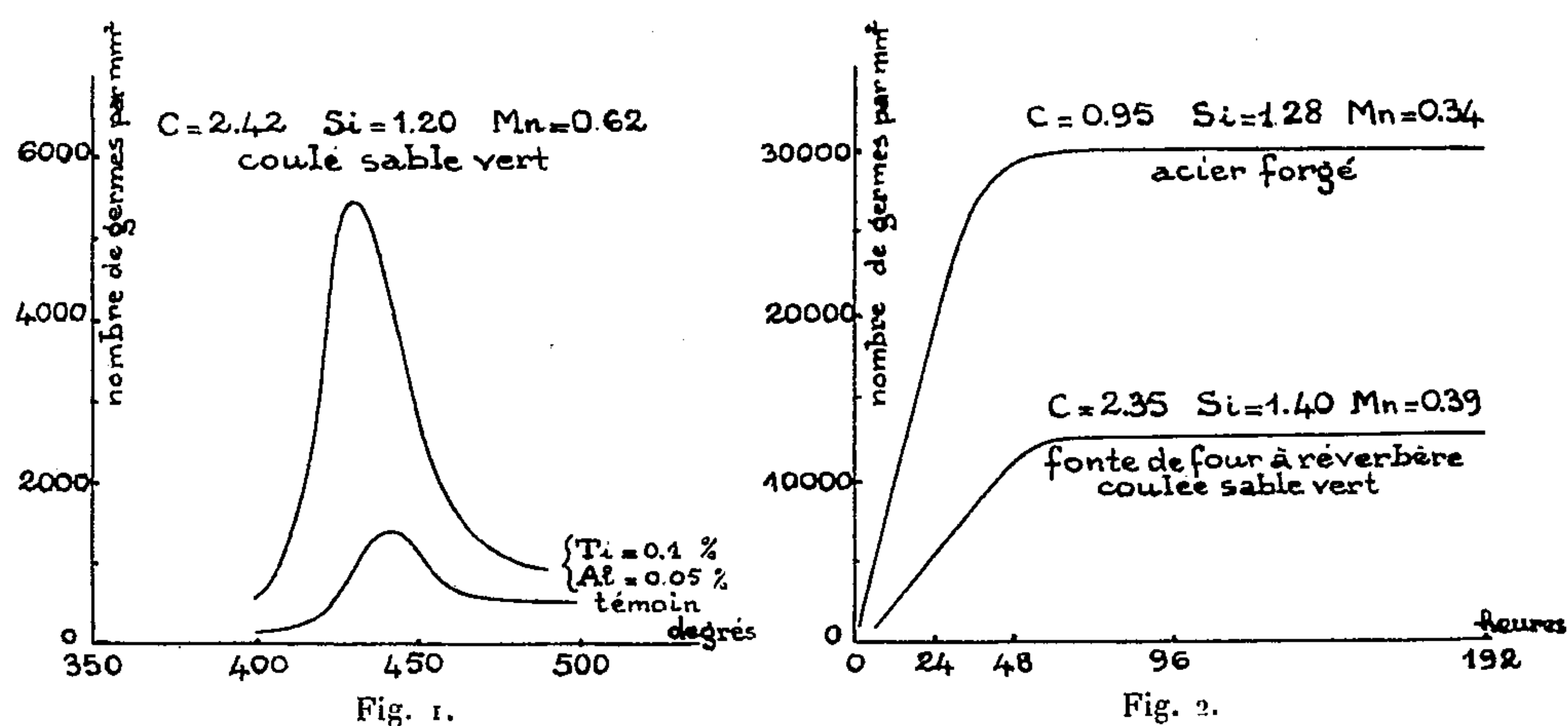
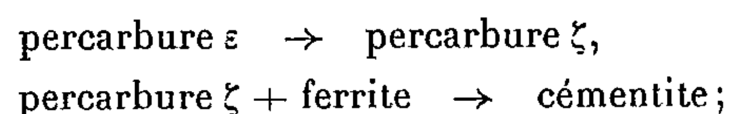


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Courbes de revenus isochrones (48 h). Acier austénisé 810°, trempé au sel 180° 1 mn, refroidi air calme, revenu, graphitisé 895° 14 h.

Fig. 2. — Courbes de revenus isothermes (450°). Acier : trempé, revenu, graphitisé 700° 150 h. Fonte : trempée, revenue, graphitisée 950° 24 h

Abstraction faite d'un petit nombre d'inclusions telles que la pyrrhotine, agissant comme germes préexistants, tout se passe comme si la germination était due essentiellement à la *décomposition thermique spontanée du percarbure hexagonal en graphite et cémentite*, réaction connue dans le cas du percarbure à l'état libre, mais qui dans les aciers serait masquée par les deux réactions prépondérantes :


percarbure ε → percarbure ζ,
percarbure ζ + ferrite → cémentite;

où le percarbure orthorhombique ζ n'aurait pas la même aptitude à donner naissance au graphite.

([1]) J. Pomey et R. Coudray, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 62; J. Pomey, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2318.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Structure électronique de l'azulène : étude par la méthode du champ moléculaire self-consistent.* Note (*) de M. **André Julg**, présentée par M. Louis de Broglie.

La méthode du champ moléculaire self-consistent ([1]) conduit dans le cas des hydrocarbures non alternants à des résultats nettement améliorés par rapport à ceux obtenus par la théorie classique des combinaisons linéaires d'orbitales atomiques en ce qui concerne la répartition des charges, le moment dipolaire et les transitions électroniques ([2]), ([3]), ([4]), aussi était-il intéressant d'étudier l'azulène pour lequel l'introduction de correctifs semi-empiriques n'avait pas réussi à abaisser la valeur du moment dipolaire au-dessous de 3,8 Debye ([5]) alors que la valeur expérimentale donnée par G. H. Wheland et D. E. Mann ([6]) se situe aux environs de 1 Debye.

Dans ce calcul nous avons supposé que la molécule est plane et que toutes les liaisons périphériques ont même longueur 1,40 Å alors que la liaison binucléaire est légèrement plus longue ; 1,44 Å ([7]). Seuls les électrons π ont été considérés. Les fonctions hydrogénoïdes $2\,p_z$ les décrivant correspondent à la charge effective $Z = 3,18$. Toutes les intégrales électroniques ont été introduites.

Dans l'état fondamental les électrons occupent par paires les cinq premiers niveaux décrits par les fonctions d'onde :

$$\varphi_1 = 0,203\chi_1 + 0,181\chi_2 + 0,203\chi_3 + 0,307\chi_9 + 0,261\chi_4 + 0,226\chi_5 + 0,213\chi_6 + 0,226\chi_7 + 0,261\chi_8 + 0,307\chi_{10},$$

$$\varphi_2 = -0,255\chi_1 - 0,295\chi_2 - 0,255\chi_3 - 0,171\chi_9 + 0,085\chi_4 + 0,328\chi_5 + 0,425\chi_6 + 0,328\chi_7 + 0,085\chi_8 - 0,171\chi_{10},$$

$$\varphi_3 = -0,178\chi_1 + 0,178\chi_3 + 0,289\chi_9 + 0,406\chi_4 + 0,315\chi_5 - 0,315\chi_7 - 0,406\chi_8 - 0,289\chi_{10},$$

$$\varphi_4 = 0,243\chi_1 + 0,512\chi_2 + 0,243\chi_3 - 0,302\chi_9 - 0,274\chi_4 + 0,126\chi_5 + 0,355\chi_6 + 0,126\chi_7 - 0,274\chi_8 - 0,302\chi_{10},$$

$$\varphi_5 = 0,469\chi_1 - 0,469\chi_3 - 0,377\chi_9 + 0,155\chi_4 + 0,357\chi_5 - 0,357\chi_7 - 0,155\chi_8 + 0,337\chi_{10},$$

$$\varphi_6 = 0,054\chi_1 - 0,388\chi_2 + 0,054\chi_3 + 0,371\chi_9 - 0,459\chi_4 - 0,155\chi_5 + 0,547\chi_6 - 0,155\chi_7 - 0,459\chi_8 + 0,371\chi_{10}.$$

. . . .

(*) Séance du 22 novembre 1954.

([1]) C. C. J. Roothaan, *Rev. Mod. Phys.*, 23, 1950, p. 69.

([2]) G. Berthier, *J. Chim. Phys.*, 50, 1953, p. 344.

([3]) A. Julg, *J. Chim. Phys.*, 50, 1953, p. 652.

([4]) A. Julg, *J. Chim. Phys.* (sous presse).

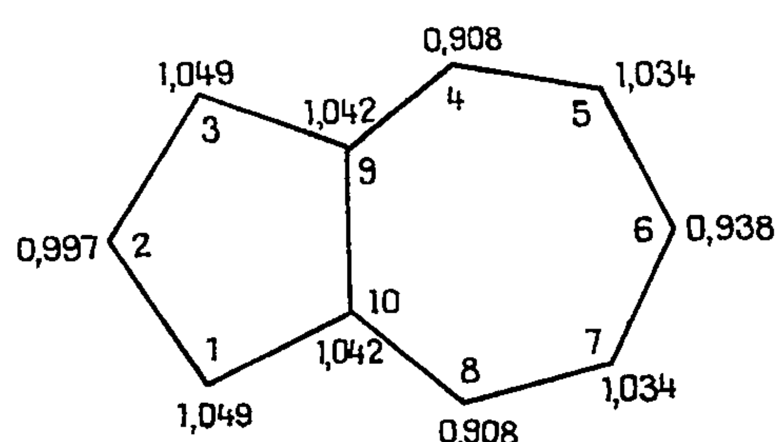
([5]) G. Berthier et A. Pullman, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 761.

([6]) *J. Chem. Phys.*, 17, 1949, p. 264.

([7]) E. Heilbronner cité par C. W. Scherr, *J. Chem. Phys.*, 21, 1953, p. 1582.

Les charges électroniques indiquées sur la figure fournissent un moment dipolaire de 1,7 Debye dirigé vers le cycle pentagonal.

Il est intéressant de remarquer que la répartition des charges est totalement différente de celles obtenues par la théorie des combinaisons linéaires d'orbitales atomiques ([8]) et par la théorie de l'électron libre ([9]). Une *alternance* apparaît en effet sur les carbones périphériques alors que dans les autres théories tous les atomes du cycle pentagonal étaient négatifs et les autres positifs. Malgré cela le moment dipolaire *a conservé sa direction*, mais sa valeur a été considérablement *abaissée*.



Un problème particulièrement étudié ces dernières années est celui des effets hypsochromes naturels. On sait en effet que la substitution par un méthyle sur certains carbones de l'azulène se traduit par un déplacement vers les plus courtes longueurs d'onde des bandes d'absorption ([10]). Un calcul de perturbation permet dans le cas des hydrocarbures non alternants de relier ce déplacement aux charges q' et q de l'atome substitué dans l'état excité et dans l'état fondamental :

$$\Delta E = k(q' - q).$$

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus. Le signe + correspond à un effet bathochrome dans la substitution par un méthyle et le signe — à un effet hypsochrome par rapport à l'azulène lui-même dont le λ_{max} est 697 mμ. La constante k a été évaluée empiriquement pour permettre la comparaison avec l'expérience.

Position.	2.	3.	4.	5.	6.
$\frac{\Delta E}{k}$	0,126	−0,235	0,151	−0,117	0,244
λ_{max} théorique	676	738	672	717	658
λ_{max} expérimental	676	738	680	717	681

([8]) B. PULLMAN et A. PULLMAN, *Les théories électroniques de la chimie organique*, p. 406.

([9]) T. NAKAJIMA, *Sc. Rep. R. I. T. U.*, 5, 1953, p. 98.

([10]) P. A. PLATTNER et E. HEILBRONNER, *Helv. Chim. Acta*, 30, 1947, p. 910; B. PULLMAN, M. MAYOT et G. BERTHIER, *J. Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 257 et ([8]), p. 515.

On voit que les effets hypsochromes et bathochromes sont *correctement prévus*, seul l'effet sur le carbone 6 est surestimé.

Une discussion générale des problèmes relatifs à l'azulène fera l'objet d'un article ultérieur.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation du sel borique « isohydrique » $B_5O_9HK_2(aq)$ à l'état cristallisé.* Note de M. **Georges Carpéni** [1], présentée par M. Louis Hackspill.

Le pentaborate dipotassique, sel ayant la *composition isohydrique*, a pu être préparé, pour la première fois, sous forme *parfaitement cristallisée*. La forme des cristaux et leur spectre de rayons X permettent une identification certaine, excluant toute confusion possible avec les sels condensés voisins, B_3O_8K et $B_4O_7K_2$, ou leur *mélange*.

Le point isohydrique, des réseaux de courbes de salification boriques, a déjà fait l'objet de plusieurs publications [2], [3], dans lesquelles on attribue son existence à la présence, en solution, du composé condensé peu connu $B_5O_9HK_2.aq$.

Identifié, dès 1925, par Auger [4] et confirmé un peu plus tard par Menzel [5], le pentaborate dipotassique $B_5O_9HK_2.aq$ est un sel difficile à préparer, puisqu'on ne l'obtient, et encore sous la forme de microcristaux non développés, qu'à des températures de l'ordre de 115°, donc en milieu à peine aqueux, extrêmement visqueux, incommode à manipuler. Le rôle essentiel, pour les équilibres électrolytiques des solutions boriques, que nous avons été amené à lui attribuer, tient uniquement à sa composition stœchiométrique, qui se trouve être précisément celle du point isohydrique. Il est évident, du point de vue théorique, que *son existence à l'état cristallisé n'est ni nécessaire ni suffisante pour prouver la validité de notre postulat du point isohydrique :* celui-ci ne concerne que les équilibres entre ions et molécules *en solution*. Il était cependant intéressant, pour la suite de nos recherches en ce domaine, de préciser si ce sel isohydrique ne pouvait pas se former plus facilement et dans de meilleures conditions de cristallisation que ne le permettaient les techniques d'Auger et de Menzel.

L'expérience a confirmé notre attente, puisqu'il nous est actuellement possible non seulement de préparer aisément et sans aucune précaution le sel $B_5O_9HK_2$, qui ne figure encore que très rarement dans la littérature

---

(1) Avec la collaboration technique de Mme Drey.

(2) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 89.

(3) *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 344.

(4) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1602.

(5) *Z. Anorg. Chem.*, 166, 1927, p. 63.

chimique, mais encore d'en obtenir des cristaux bien formés : aiguilles en général très fines, plus ou moins longues mais à facettes nettes, parfois accolées en fer de lance. Une courte communication préliminaire sur cette étude ayant été récemment faite au IIIe Congrès de Cristallographie ([6]), nous désirons apporter maintenant quelques précisions supplémentaires.

L'étude du système ternaire acide borique-borate monopotassique-eau montre que, à 25°, les seules phases définies, cristallisées, qui peuvent être obtenues des solutions boriques ayant un taux de neutralisation x compris entre o et 1, sont, outre l'acide BO_3H_3 ($x = 0$) et le sel BO_3H_2K ($x = 1$), le pentaborate monopotassique B_5O_8K ($x = 0{,}2$) et le tétraborate dipotassique $B_4O_7K_2$ ($x = 0{,}5$). Il est assez curieux de constater que les domaines d'existence des sels 0,2 et 0,5 se rejoignent en un point eutectique, à solubilité maximum, ayant une composition globale voisine précisément de celle isohydrique $x = 0{,}4$. Cependant, *à des températures supérieures à environ* 75-80°, *les solutions aqueuses de « borax » potassique* $B_4O_7K_2$ ($x = 0{,}5$) *laissent précipiter le sel isohydrique* $B_5O_9HK_2$ ($x = 0{,}4$) *et non* $B_4O_7K_2$: à ces températures, ce dernier cesse donc d'être en équilibre avec sa solution. Une solution de borax potassique, concentrée, évaporée lentement vers 95°, par exemple, reste d'abord pendant quelque temps sursaturée, puis laisse se former des aiguilles du sel isohydrique 0,4 (la solution mère devient naturellement de plus en plus alcaline, ce qui limite finalement la précipitation du « 0,4 » pour aboutir à l'eutectique des sels 0,4-0,5).

Pour obtenir le plus facilement le sel isohydrique 0,4, le mieux c'est de prèparer une solution borique de taux de neutralisation $x = 0{,}4$, puis de l'évaporer, dans un thermostat vers 95°, jusqu'à cristallisation. Celle-ci a lieu, même sans aucun amorçage, généralement après une période de sursaturation, assez brusquement et avec prise en masse, le sel $B_5O_9HK_2$ étant, à cette température, nettement moins soluble que $B_4O_7K_2$: le dépôt blanc obtenu, très compact et dur, est constitué de fines aiguilles caractéristiques, impossibles à confondre ni avec $B_4O_7K_2$ ni avec B_5O_8K, les diagrammes de rayons X de ces trois corps étant d'ailleurs tous différents ([7]). Pour empêcher les transformations, — en particulier $B_5O_9HK_2 \rightarrow B_4O_7K_2$, — qui sont toujours à craindre par abaissement de la température, *surtout à l'état humide*, il convient de laver les cristaux à l'eau bouillante, essorer à fond, puis sécher rapidement à l'étuve pendant plusieurs heures vers 105°.

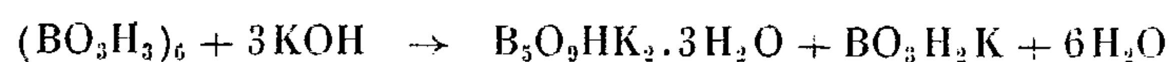
S'il n'existe aucun doute sur la composition même du sel 0,4, $B_5O_9HK_2$, il reste cependant une légère incertitude en ce qui concerne son degré d'hydratation. Contrairement à ce que pensaient Auger ([4]) et aussi Menzel ([5]), il semble que le sel contienne non deux, mais *trois* molécules d'eau. Un séchage

([6]) IIIe *Congrès International de Cristallographie*, Paris, juillet 1954. *Résumés*, p. 26.

([7]) Des détails seront publiés ailleurs.

prolongé vers 105° enlève $2H_2O$, mais le sel obtenu se rehydrate rapidement, réversiblement, et reprend précisément $2H_2O$. La meilleure formule du sel serait donc, jusqu'à nouvel ordre, $[B_5O_9HK_2 . H_2O]2H_2O$, mais l'étude de son hydratation, en particulier, se poursuit.

Quant à la formule développée du sel isohydrique, nous renvoyons pour détails à notre ancien mémoire (3). Pour rendre compte de sa formation, le schéma suivant paraît plausible :



$$(BO_3H_3)_6 + 3KOH \rightarrow B_5O_9HK_2 . 3H_2O + BO_3H_2K + 6H_2O$$

sous l'action de la potasse, les liaisons H qui maintiennent, par l'intermédiaire des molécules d'eau d'estérifications *potentielles* (8), l'édifice borique *condensé*, se relâchent (9) et, avec la libération des six molécules d'eau, les estérifications deviennent *effectives* (7).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation de l'acétylacétanilide avec les aldéhydes.* Note (*) de M. **Jean Décombe** et Mlle **Monique Prétot**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons précédemment établi (1), que le formaldéhyde et le chloral se condensent molécule à molécule avec l'acétylacétanilide, en présence d'acétate de sodium, pour donner des dérivés d'addition du type α-méthylol-acétylacétanilide, et nous en avions conclu que cet agent était le catalyseur de choix pour ce genre de réaction.

Or, en poursuivant ces études, nous avons constaté que les mêmes condensations pouvaient être effectuées en présence de bisulfite de potassium. Dès lors, on devait se demander si la présence d'un catalyseur était réellement nécessaire. L'expérience a permis de répondre immédiatement par la négative. Il suffit en effet de mélanger une solution alcoolique d'acétylacétanilide avec la quantité équimoléculaire de formaldéhyde en solution à 30 % pour obtenir en quelques heures une abondante précipitation d'α-méthylolacétylacétanilide sous la forme d'un produit blanc, microcristallin, titrant 6,72 % d'azote (calculé pour $C_{11}H_{13}O_3N$: 6,76) et fondant instantanément à 205°. (Nous avions indiqué précédemment : F_i 199°.)

Cette réaction simple et inattendue mérite d'être signalée, car elle met en évidence une différence de réactivité remarquable entre l'acétylacétanilide et

(8) *Bull. Soc. Chim.*, **17**, 1950, p. 1281.

(9) Les liaisons hydrogène étant instables en milieu alcalin : *cf.* Carpéni et Chouteau, *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 1423 et aussi *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 1239.

(*) Séance du 22 novembre 1954.

(1) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 258 et **237**, 1953, p. 336.

l'ester acétylacétique; ce dernier peut en effet, comme nous nous sommes empressés de le vérifier, subsister en présence de formaldéhyde aussi longtemps qu'on n'ajoute pas un catalyseur alcalin. Sans doute peut-on, au moins dans une certaine mesure, attribuer cette différence à l'énolisation plus facile de l'acétylacétanilide dont les solutions alcooliques contiendraient d'après K. H. Meyer (²) 17 à 18 % d'énol, tandis que les solutions d'ester acétylacétique n'en contiendraient que de 7 à 13 %.

Dans les mêmes conditions, le chloral ne réagit pratiquement pas à froid, mais après 8 heures de chauffage à reflux il fournit une sustance cristallisée fondant à 133-134°, identique à l'α-trichloréthanol-acétylacétanilide que nous avons précédemment décrite (*loc. cit.*).

Ces résultats nous ont conduits à nous demander ce que donneraient les mêmes condensations en milieu sodique, ce qui devrait permettre (l'acétylacétanilide étant soluble dans la soude) d'opérer en absence de solvant organique.

Lorsqu'on dissout 1/10ᵉ de molécule d'acétylacétanilide dans la quantité équimoléculaire de soude (250 cm^3 d'une solution 0,4 N) et qu'on ajoute 1/10ᵉ de molécule de formaldéhyde, il se fait une précipitation immédiate. En acidulant au bout d'une heure avec de l'acide acétique, on obtient, après essorage et lavages abondants avec de l'alcool aqueux, un produit blanc, microcristallin, fondant instantanément à 152-154°, mais se décomposant par chauffage progressif à partir de 130°. L'analyse en a donné les chiffres suivants : N %, 8,61 et 8,70; H %, 6,45; C %, 70,71. Ils correspondent au dérivé α-acétylé du dianilide glutarique $C_{19}H_{20}O_3N_2$ pour lequel on a N %, 8,62; H %, 6,17; C %, 70,37. Ce corps ne semble pas avoir été décrit jusqu'à présent; il est soluble à froid dans l'acétone et le chloroforme, très peu soluble dans l'alcool, l'éther, le benzène et l'acide acétique. En employant 3 molécules de formaldéhyde pour 2 d'anilide (avec l'espoir de préparer l'α-α'-diméthylol-méthylènebisacétylacétanilide, que nous n'avions pas réussi à préparer avec le carbonate de potassium selon la méthode de Gault (³) qui réussit si bien dans le cas de l'ester acétylacétique) nous avons obtenu, comme produit unique et avec de bons rendements, un solide blanc fondant à 152-155° qui donne une dépression très nette avec le précédent; il titre 7,62 % d'azote, ce qui correspond au méthylènebisacétylacétanilide $C_{21}H_{22}O_4N_2$ (théorie N %, 7,65). Ce composé ne semble pas non plus avoir été décrit jusqu'ici; il est soluble à froid dans l'alcool, le chloroforme, l'acétone et l'acide acétique, insoluble dans l'éther et le benzène.

Dans les mêmes conditions, le chloral réagissant molécule à molécule avec l'acétylacétanilide en présence de soude se comporte différemment. On observe la formation immédiate d'une huile qui se prend en masse au bout de quelques

(²) *Ber. der deutsche ch. Gesell*, 45, 1912, p. 2853.
(³) *Bull. Soc. Chim.*, 5, 1938, p. 424.

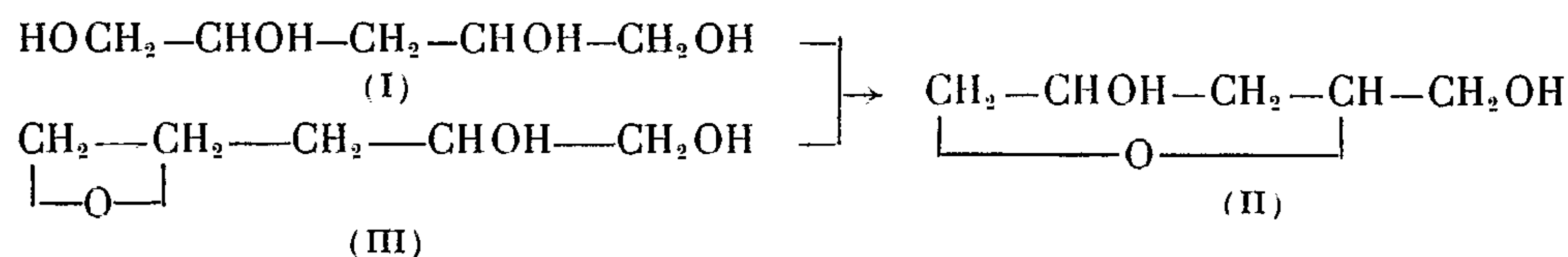
heures et l'on perçoit une odeur de chloroforme qui indique une hydrolyse au moins partielle du chloral. De la masse mielleuse obtenue, on isole par cristallisation fractionnée : de l'anilide récupérée et deux composés chlorés. L'un titre 32,35 % de chlore et fond instantanément vers 130-134°; l'autre contient 50,84 % de chlore et fond à 70-73°. Le premier après recristallisation dans de l'alcool aqueux, fond à 139° par projection, et vers 115-120° par chauffage progressif; il est identique à l'α-trichloréthanolacétylacétanilide précédemment décrite comme fondant à 134° (épreuve du mélange et transformation en quinoléine sous l'action de SO_4H_2). Le second, recristallisé dans un mélange de chloroforme et d'éther fond à 74-75° et est identique (épreuve du mélange) au trichloro-1.1.1 pentanol-2 one-4 que l'on obtient si facilement par la méthode décrite par P. Couturier ([4]).

La formation simultanée de ces deux produits, dont l'un correspond à une coupure cétonique, normale en milieu alcalin, et l'autre à l'élimination de groupement fonctionnel amide, ne se produisant généralement qu'en milieu acide, est assez inattendue. Il est également curieux que les mêmes réactions faites avec le formaldéhyde et le chloral prennent des cours aussi différents.

Ces études sont poursuivies et étendues au cas de l'acétaldéhyde et du butylchloral.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Formation de dérivés hydrofuranniques à partir du bis-époxy*-1.2.4.5 *pentane*. Note (*) de MM. **Raymond Paul** et **Serge Tchelitcheff**, présentée par M. Marcel Delépine.

La plupart des réactions entraînant l'ouverture des liaisons oxydiques du bis-époxy-1.2.4.5 pentane ([1]) conduisent surtout à des dérivés hydrofuranniques. En hydrolysant, par exemple, à 75° ce bis-époxyde (132 g pour 300 cm³ d'eau et 15 cm³ d'acide sulfurique N) on obtient bien le *Pentanetétrol*-1.2.4.5 [(I); E_2 185-187°; trouvé %, C 44,4; H 8,90; calculé %, C 44,1; H 8,82; Tétraphényluréthane, F 175°; trouvé %, N 9,02; calculé %, N 9,15], mais seulement avec un rendement de 12 %. Le produit principal (Rdt 56 %) est l'*Epoxy*-1.4 *pentanediol*-2.5 (II) dont on ne saurait dire s'il provient de la cyclisation du pentanetétrol, ou du réarrangement ([2]) de l'époxy-1.2 pentanediol-4.5 intermédiaire (III) :



([4]) *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 23.

(*) Séance du 22 novembre 1954.

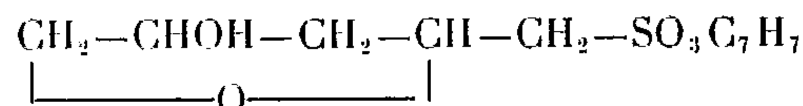
([1]) R. Paul et S. Tchelitcheff, *Bull. Soc. Chim*, 15, 1948, p. 899.

([2]) R. Paul, *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. C 113.

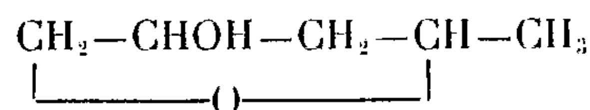
C'est un liquide bouillant à 153-156° sous 10 mm (d_4^{20} 1,210; n_D^{20} 1,4802; trouvé %, C 51,20; H 8,30; calculé %, C 50,85; H 8,48). Bis-phényluréthane (benzène) F 162° (trouvé %, N 8,00; calculé %, N 7,87). Bis-α-naphtyluréthane (éthanol), F 175° (trouvé %, N 6,30; calculé %, N 6,15). La structure de ce composé est établie par les essais suivants :

1° En ajoutant la quantité calculée de cet époxy-1.4 pentanediol-2.5 dans une solution pyridinique de chlorure de *p*-toluène sulfonyle, on obtient un diester sulfonique, insoluble dans l'eau, mais soluble dans l'éther, et que l'hydrure de lithium-aluminium réduit en *Méthyl-2 tétrahydrofuranne* (É 80-81°; d_4^{23} 0,852; n_D^{23} 1,4059).

2° Si l'on introduit peu à peu le chlorure de *p*-toluènesulfonyle (43,4 g) dans une quantité équimoléculaire d'époxy-1.4 pentanediol-2.5 (27 g) en solution dans la pyridine (51 g) à 0°, il se forme seulement le mono-ester *p*-toluènesulfonique



Celui-ci (0,17 mol dans 100 cm³ d'éther), réduit par l'hydrure de lithium-aluminium (0,255 mol dans 350 cm³ d'éther) donne avec un rendement de 41 %, l'*Époxy-1.4 pentanol-2*, isomère de l'alcool tétrahydrofurfurylique,



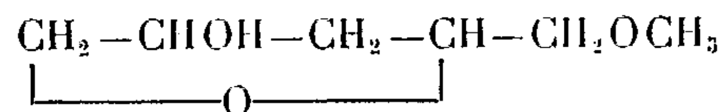
($É_{20}$ 89-92°; $d_4^{19,5}$ 1,035; $n_D^{19,5}$ 1,4460; trouvé %, C 59,3; H 10,02; calculé %, C 58,8; H 9,8) identique au produit obtenu par déshydratation du pentane-triol-1.2.4 ($É_{20}$ 89°; d_4^{22} 1,032; n_D^{22} 1,4435; trouvé %, C 58,75; H 9,9).

Sa phényluréthane fond à 135-137° (trouvé %, C 65,2; H 6,85; N 6,42).

En chauffant une heure à reflux une solution de bis-époxy-1.2.4.5 pentane (20 g) dans le méthanol (80 cm³) en présence d'acide sulfurique (0,1 cm³) on obtient avec un rendement de 40 % le *Diméthoxy-1.5 pentanediol-2.4*



($É_{20}$ 162-164°; d_4^{20} 1,115; n_D^{20} 1,4592; trouvé %, C 51,3; H 9,75; HO 21,14-calculé %, C 51,2; H 9,76; HO 20,7), et en outre (Rdt 26 %) le *Méthoxy-méthyl-2 hydroxy-4 tétrahydrofuranne*

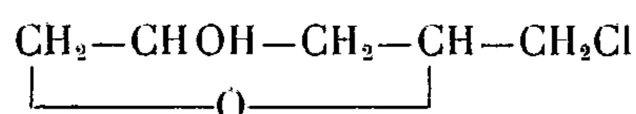


($É_{20}$ 118-123°; d_4^{20} 1,096; n_D^{20} 1,4542; trouvé %, C 54,87; H 9,44; CH_3O 23,65; calculé %, C 54,6, H 9,09; CH_3O 23,47).

Enfin à froid et en milieu éthéré, on fixe aisément deux mol de gaz chlorhydrique sur une mol de bis-époxyde. La dichlorhydrine formée,



instable, perd de l'acide chlorhydrique par distillation lente sous vide, en donnant le *Chlorométhyl-2 hydroxy-4 tétrahydrofuranne*



($É_{10}$ 116-120°; $d_4^{23,5}$ 1,264; $n_D^{23,5}$ 1,4842; trouvé %, C 43,77; H 6,70; Cl 26,55; calculé %, C 43,9; H 6,59; Cl 26,0).

La formule que nous attribuons à la dichlorhydrine précédente, est en accord avec le mode d'ouverture des liaisons époxylées. En réduisant en effet par l'hydrure de lithium-aluminium, en quantité équimoléculaire, le bis-époxypentane, au sein de l'éther bouillant, on obtient avec un rendement de 72 % le *Pentanediol*-2.4 ($É_{760}$ 201-202°; $É_{20}$ 111-112°).



La bis-phényluréthane de ce diol fond à 125° (trouvé %, C 66,93; H 6,65; N 8,41; calculé %, C 66,7; H 6,44; N 8,19) et est identique à celle qu'on obtient à partir du glycol résultant de l'hydrogénation de l'acétylacétone.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide hypophosphoreux sur les α-dicétones aromatiques*. Note (*) de MM. **Michel Polonovski** †, **Marcel Pesson** et **Gilbert Polmanss**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Suivant les dicétones, la réaction conduit, soit à des dérivés de l'acide diphényl-1.2 dioxy-1.2 éthane phosphineux soit à des désoxybenzoïnes, soit à des acides diphényl-1.2 oxy-1 éthane phosphineux.

Les recherches de C. Marie (1) et J. Ville (2) ont montré que l'acide hypophosphoreux agit sur les aldéhydes et les cétones en donnant, suivant les conditions de la réaction, des acides dialcoyloxyphosphiniques ou des acides alcoyloxyphosphineux. Les dialdéhydes aromatiques se comportent de même (3). Certains acides aryloxyphosphineux ayant des propriétés biolo-

(*) Séance du 22 novembre 1954.

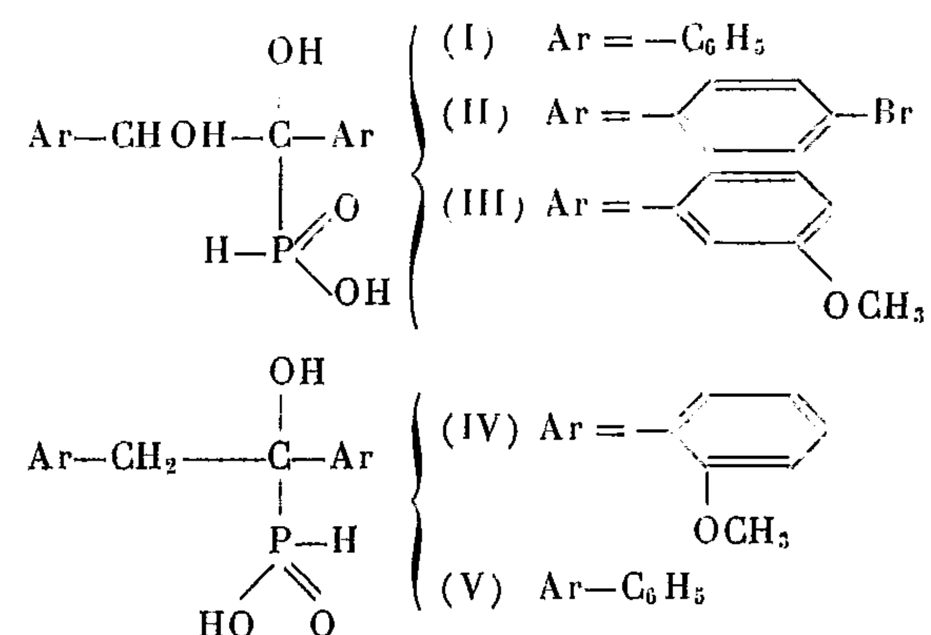
(1) *Ann. Chim. Phys.* (8), 3, 1904, p. 335.

(2) *Ann. Chim. Phys.* (6), 23, 1891, p. 289.

(3) Hirschmann, *U. S. Patent*, 2.370.903, 1945.

giques intéressantes ([4]), nous avons étudié l'action de l'acide hypophosphoreux sur les α-dicétones aromatiques. La réaction s'est révélée, ici, plus complexe que dans les cas précédents, du fait des propriétés réductrices de l'acide hypophosphoreux et de la facile réduction des dicétones.

Nos premiers essais ont porté sur le benzile : si l'on chauffe à 90° un mélange de benzile (3 g), d'acide hypophosphoreux commercial à 55 % (12 cm³) et d'alcool (5 cm³), on observe après 2 h, une dissolution complète du benzile, le produit qui cristallise alors par refroidissement a été identifié avec la benzoïne (F 134°). Si le chauffage est maintenu plus longtemps (30 h), on obtient un acide qui, après recristallisation dans l'eau, fond vers 150° ([5]). Cet acide se forme également par chauffage prolongé de la benzoïne dans les conditions ci-dessus. Il présente les réactions des acides oxyphosphineux (réduction de $HgCl_2$ en Hg_2Cl_2, sel de Pb insoluble). Ces faits permettent de lui attribuer la structure d'un acide diphényl-1.2 dioxy-1.2 éthane phosphineux (I) (trouvé %, C 60,39; H 5,48; P 11,26; calculé %, C 60,41; H 5,43; P 11,15). Par recristallisation, en méthanol, il retient une molécule de solvant (trouvé %, C 58,30; H 6,30; P 10,07; calculé %, C 58,04; H 6,17; P 10). Par hydrolyse chlorhydrique, il fournit de la désoxybenzoïne, par dégradation thermique, il donne, suivant la température, de la désoxybenzoïne ou du stilbène.



Nous avons tenté de généraliser cette réaction à des dérivés substitués du benzile, mais l'expérience nous a montré que la nature et la position des substituants influent sur le résultat de la réaction; certaines α-dicétones se comportent comme le benzile lui-même : le dibromo-4.4′ benzile fournit l'acide di (bromo-4 phényl)-1.2 dioxy-1.2 éthane phosphineux (II) qui, recristallisé dans l'alcool à 30 %, retient une molécule d'eau (trouvé %, C 37,28; H 3,36; P 6,75; calculé %, C 37,2; H 3,31; P 6,83). Ce solvant est éliminé par chauf-

([4]) F. Bruns et K. Bücher, *Arch. exp. Path. u. Pharmakol*, 216, 1952, p. 367.

([5]) Les points de fusion sont pris au bloc Maquenne. Les acides phosphineux décrits se décomposent, avant de fondre, en libérant de l'hydrogène phosphoré.

fage à 80° sous vide (trouvé %, C 38,33; H 3,57; P 7,14; calculé %, C 38,54; H 3,0; P 7,12), F vers 125° (décomposition); de même, le diméthoxy-3.3′ benzile conduit à l'acide di (méthoxy-3 phényl)-1.2 dioxy-1.2 éthane phosphineux (III) qui cristallise anhydre, F vers 175° (décomposition) (trouvé %, C 56,91; H 5,79; P 9,16; calculé %, C 56,78; H 5,66; P 9,17). L'anisobenzoïne donne un acide dioxyphosphineux $C_{15}H_{17}O_5P$ qui recristallise de l'eau en retenant une molécule de solvant qu'il perd par séchage à 80° sous vide, F vers 150° (trouvé % C 58,42; H 6,37; P 10,10; calculé %, C 58,41; H 5,56; P 10,07). Il se forme en outre dans ce cas, une proportion importante de produits neutres que nous n'avons pas identifiés.

D'autres dicétones sont réduites d'abord en benzoïnes, puis en désoxybenzoïnes, sans qu'il soit possible d'isoler un acide phosphineux en quantité appréciable. Par exemple, l'anisile fournit la désoxyanisoïne (F 111-111°,5) avec un rendement de 70 à 80 %.

Enfin pour d'autres dicétones, la réduction précédente a lieu, mais la désoxybenzoïne formée intermédiairement réagit avec l'acide hypophosphoreux, pour donner des dérivés de l'acide oxy-1 diphényl-1.2 éthane phosphineux. Ainsi, le diméthoxy-2.2′ benzile et la diméthoxy-2.2′ benzoïne fournissent, à côté d'une petite quantité de diméthoxy-2.2′ désoxybenzoïne, un acide (IV), identique à celui obtenu par action de l'acide hypophosphoreux sur la diméthoxy-2.2′ désoxybenzoïne F vers 190° (décomposition) (trouvé %, C 59,60; H 5,65; P 9,64; calculé %, C 59,60; H 5,94; P 9,63). La désoxybenzoïne elle-même conduit à l'acide diphényl-1.2 oxy-1 éthane phosphineux (V) F 135-137° (trouvé %, C 64,2; H 5,73; P 12,15; calculé %, C 64,10; H 5,76; P 11,83).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de l'isochromanne.*

Note (*) de M. **Pierre Maitte**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'auteur décrit la synthèse et les propriétés d'isochromannes substitués, dont certains sont obtenus à partir de l'isochromanone. Cet olide, dont une préparation avantageuse est donnée, a conduit à divers dérivés. On indique un mode de passage aux isochromènes (1).

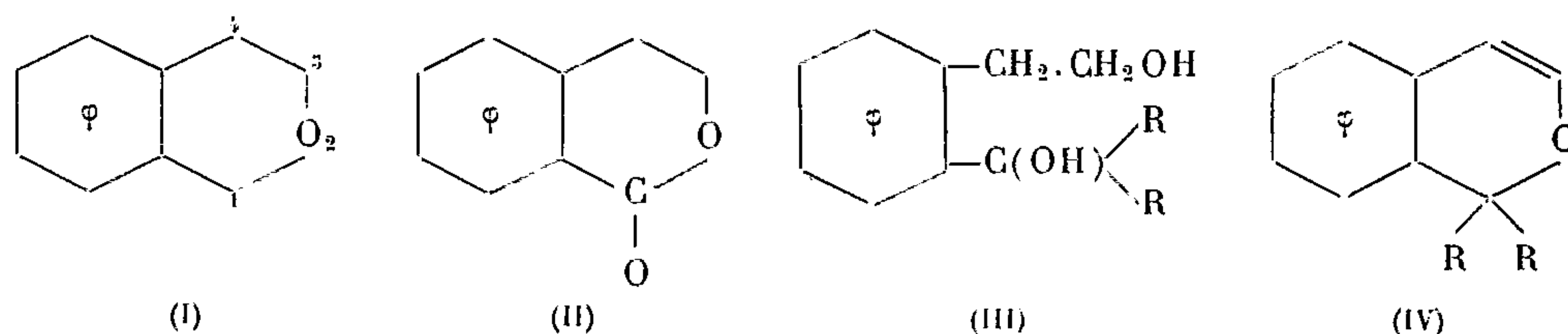
Dans un précédent Mémoire (2) nous avons décrit une synthèse commode de l'isochromanne (I). Ce composé est oxydé par l'anhydride sélénieux ou l'acide nitrique dilué ($d = 1,24$) en isochromanone-1 (II); rendement supérieur à 75 %. La structure du produit est établie par ouverture du cycle

(*) Séance du 22 novembre 1954.

(1) Un travail récent de Colonge et Boisdé (*Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1047), dans la série de l'isochromanne, confirme certains de nos résultats.

(2) Maitte, *Ann. Chim.*, 9, 1954, p. 65.

lactonique par le cyanure de potassium; le nitrile obtenu a été hydrolysé en amide, puis en acide *o*-carboxy hydrocinnamique connu ([3]), ([4]). L'acide bromhydrique conduit à l'acide *o*-(bromo-2' éthyl) benzoïque. Les organomagnésiens donnent, avec d'excellents rendements, les diols (III) que l'acide phosphorique cyclise en isochromannes-1.1 dialcoylés.



(I) (II) (III) (IV)

L'isochromanone n'est pas déshydrogénée en isocoumarine par le sélénium; le N-bromosuccinimide la brome dans le noyau aromatique.

Par ailleurs, il est très facile d'obtenir les isochromannes monosubstitués en — 1 : action des magnésiens sur le chloro-1 brut; cette préparation est préférable à la cyclisation des oxydes $C_6H_5.CH_2.CH_2.O.CH(Cl).R$, dont la synthèse par l'alcool phényléthylique et les aldéhydes, en présence de HCl, ne se fait bien qu'avec l'éthanal (64 %). Le rendement tombe à 7 % avec le propanal.

Le chlore se substitue trois fois sur les alcoyl-1 isochromannes, l'un des atomes se porte en — 1, les autres dans le noyau benzénique. Le N-bromosuccinimide ne fixe que deux atomes Br, dont un se porte en — 1.

Les dialcoyl-1.1 isochromannes se comportent différemment : le N-bromosuccinimide les bromes en — 4, et l'arrachement d'une molécule d'acide bromhydrique au produit de bromation conduit à l'isochromène correspondant (IV), hydrogénable ensuite en l'isochromanne de départ.

o-carboxyphényl-3 propanamide (amide de l'acide *o*-carboxy hydrocinnamique) $C_{10}H_{11}O_3N$. Solide F 103°,5-104. Analyse : N %, calculé 7,25; trouvé 7,28.

o-carboxyphényl-3 propanoïque. Solide F 165°,5, en accord avec ([3]), ([4]).

Acide o-(bromo-2' éthyl) benzoïque $C_9H_9O_2Br$. Rdt quantitatif. Solide F 95°,5. Analyse : Br %, calculé : 34,93; trouvé 34,22.

Méthyl-4 isochromanne $C_{10}H_{12}O$. Préparé par chlorométhylation de l'alcool hydratropique, puis cyclisation. Rdt 80 %. $É_{14}$ 101°; d_4^{23} 1,039; n_D^{23} 1,5340; R. M. calculé 44,23; trouvé 44,27.

Méthyl-1 isochromanne $C_{10}H_{12}O$. $É_{14}$ 98°; $d_4^{22,7}$ 1,0355; $n_D^{22,7}$ 1,5338; R. M. calculé 44,23; trouvé 44,42.

([3]) BAMBERGER et MÜLLER, *Ber. deutsc. chem. Ges.*, 21, 1888, p. 1120.

([4]) WISLICENUS, *Ann. Chem.*, 242, 1887, p. 39.

Éthyl-1 isochromanne $C_{11}H_{14}O$. $É_{12,5}$ 120°; d_4^{20} 1,0205; n_D^{20} 1,5293; R. M. calculé 48,85; trouvé 48,98.

n-Propyl-1 isochromanne $C_{12}H_{16}O$. $É_{14}$ 123°; d_4^{23} 1,0104; n_D^{23} 1,5238; R. M. calculé 53,47; trouvé 53,28.

(Hydroxy-2′) éthyl-1 (diéthyl-1′ hydroxy-1′) méthyl-2 benzène $C_{13}H_{20}O_2$ (III, $R = C_2H_5$). Solide F 67°5. Analyse : calculé %, C 75,0; trouvé 74,27; 74,25. calculé %, H 9,62; trouvé 9,65; 9,57.

Diéthyl-1, 1 isochromanne $C_{13}H_{18}O$. Rdt 92 %. Odeur camphrée. $É_{13,5}$ 119°,5; d_4^{20} 0,996; n_D^{20} 1,5206; R. M. calculé 58,13; trouvé 58,45.

Di-n. butyl-1, 1 isochromanne $C_{17}H_{26}O$. Rdt 85 %. $É_{13}$ 161-162°; d_4^{18} 0,9574; n_D^{18} 1,5095; R. M. calculé 76,57; trouvé 76,78.

Éthyl-1 éthoxy-1 dichloro-6,8 isochromanne $C_{13}H_{16}O_2Cl_2$. Par action de l'éthylate de sodium sur le produit de chloration de l'éthyl-1 isochromanne. Rdt 80 %. Solide F 60°.

Éthyl-1 n. butoxy-1 dichloro-6,8 isochromanne $C_{15}H_{20}O_2Cl_2$. $É_{0,4}$ 132°; d_4^{17} 1,1947; n_D^{17} 1,5301; R. M. calculé 78,69; trouvé 78,35.

Analyse : calculé %, C 59,41; H 6,60; Cl 23,43; O 10,56; trouvé %, C 59,48; H 6,84; Cl 23,72; O 10,40.

Diéthyl-1, 1 isochromanne monobromé $C_{13}H_{17}OBr$. Par action du bromure d'éthylmagnésium sur le produit de bromation au bromosuccinimide de l'éthyl-1 isochromanne. $É_{15}$ 157°; $É_{0,6}$ 117°; d_4^{22} 1,3114; n_D^{22} 1,5572; R. M. calculé 65,85; trouvé 66,05.

Diéthyl-1,1 isochromène $C_{13}H_{16}O$ (IV, $R = C_2H_5$). $É_{15}$ 123°5; d_4^{23} 0,992; n_D^{23} 1,5350; R. M. calculé 57,62; trouvé 59,03. Exaltation due à la conjugaison de la double liaison avec le noyau aromatique. Décolore violemment la solution chloroformique de brome. Hydrogéné quantitativement en diéthyl-1.1 isochromanne sous 90 kg en présence de nickel de Raney.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les magnésiens vinyliques* (1). I. *Préparation.*

Note de M. **Henri Normant**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les halogénures du type vinylique donnent des magnésiens normaux, notamment dans le tétrahydrofuranne, avec de très bons rendements. Ces composés sont réactifs et permettent de nouvelles synthèses dans le domaine des composés éthyléniques.

Les magnésiens vinyliques ont été assez peu étudiés et n'ont guère reçu d'application en synthèse, en raison du faible rendement de leur formation. Il était cependant intéressant, tant du point de vue théorique que pratique, de combler cette lacune entre les magnésiens saturés de Grignard et les magnésiens acétyléniques de Iotsitch.

---

(1) Pli cacheté n° 1168 déposé le 20 avril 1953 à la Société Chimique de France; ouvert le 26 novembre 1954.

Les bromures vinyliques à substituants aromatiques du type



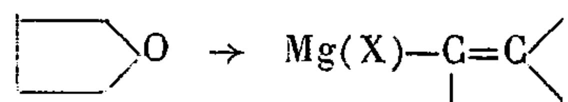
ne donnent des magnésiens dans l'éther, de façon satisfaisante, que si $Ar = Ar' = C_6H_5$ (²). Si la substitution est dissymétrique, ou si l'un des radicaux est remplacé par H, on doit utiliser un activateur (³) ou un entraîneur (⁴).

Les rendements sont encore plus faibles, et ne dépassent guère 15 à 20 %, dans le cas des bromures vinyliques aliphatiques, par suite de la formation de produits de condensation ou du carbure correspondant au bromure mis en œuvre (⁵).

Nous avons constaté que, d'une façon assez générale, les halogénures de structure $>C = C - X$, où $X = Cl$ ou, de préférence, Br, que la liaison double soit dans une chaîne carbonée ou dans un cycle homogène ou hétérogène, donnaient des magnésiens normaux, avec de bons rendements, au sein du tétrahydrofuranne.

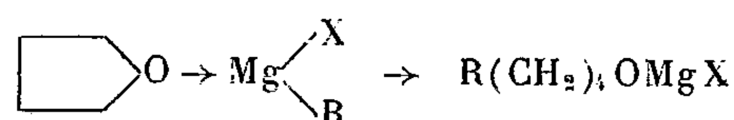
Comme solvant, on peut encore utiliser le méthyl-2 tétrahydrofuranne ou le tétrahydropyranne. La réaction se fait avec du magnésium ordinaire et s'amorce par l'iode, C_2H_5Br, ...; pour les dérivés chlorés, on utilise avec avantage, un peu du bromure correspondant.

Les magnésiens semblent avoir la structure oxonium



et le tétrahydrofuranne déplace quantitativement l'éther de constitution des éthérates de Grignard comme de l'éthérate de BF_3 (⁶).

Le tétrahydrofuranne n'intervient comme réactif chimique qu'à température élevée (vers 200°) et fournit alors, en tant qu'époxyde, un alcool primaire :



Les magnésiens vinyliques ainsi préparés sont très réactifs et nous ont permis de réaliser diverses réactions de double décomposition et d'addition

(²) ZIEGLER, *Ann.*, 434, 1923, p. 75 ; HURD et WEBB, *J. Amer. Chem. Soc.*, 42, 1927, p. 536.

(³) RUPE, *Ber.*, 43, 1910, p. 1231.

(⁴) LANGLOIS, *Ann. Chimie*, 9ᵉ série, 12, 1919, p. 269.

(⁵) KRESTINSKY, *Ber.*, 55, 1922, p. 2754, 2762, 2770 ; KIRRMANN, *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1178,

(⁶) NORMANT, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 739.

avec des rendements très satisfaisants (7). Voici quelques résultats obtenus par hydrolyse :

Magnésien du	Produit obtenu.	Rendement (%).
$CH_3.CH{=}CH.Br$	Propène	90
$C_5H_{11}.CH{=}CH.Br$	Heptène	71
$C_6H_5.CBr{=}CH_2$	Styrolène	63
C_6H_5Cl	Benzène	95
$(1)Cl.C_6H_4.Cl(4)$	Chlorobenzène	76
Chloro-6 chromanne	Chromanne	74

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la copulation des sels du p-vinylbenzènediazonium monomère ou polymère avec les phénols et les amines aromatiques. I. Série benzénique.* Note de M. **Modeste Martynoff**, présentée par M. Marcel Delépine.

La *p*-vinylaniline ou *p*-aminostyrolène, ainsi qu'un de ses polymères de masse moléculaire inconnue, ont été diazotés et les sels de *p*-vinylbenzènediazonium copulés avec le phénol et la diméthylaniline. L'étude spectrographique des nouveaux colorants a permis de préciser l'influence d'un groupe vinyle en *para* de la fonction azo et de montrer l'analogie structurale entre les colorants issus du monomère et du polymère.

Le *p*-aminostyrolène a été jusqu'à présent peu étudié. On ne trouve dans la littérature que quelques indications sur cette substance dont on connaît une forme monomoléculaire liquide et un polymère solide de masse moléculaire indéterminée. Aucune de ces deux variétés n'avait encore pu être diazotée bien qu'il y ait eu des tentatives faites dans ce sens (1).

Les essais décrits dans la présente Note ont montré que le *p*-aminostyrolène issu de la déshydratation de l'alcool *p*-aminophényléthylique (2) ainsi que son polymère qui résulte de la décarboxylation de l'acide *p*-aminocinnamique (1) sont tous deux facilement diazotables. Les sels de *p*-vinylbenzènediazonium qui en dérivent peuvent être copulés soit avec les phénols soit avec les anilines et fournissent ainsi des colorants hydroxy ou aminoazoïques, qui se distinguent des azoïques non-vinylés correspondants par leur plus grand pouvoir colorant. Les diazotations s'effectuent dans les conditions habituelles, en milieu chlorhydrique dilué, et les copulations n'exigent aucune précaution spéciale. Sans chercher à isoler les sels de diazonium, j'ai utilisé directement leurs solutions que j'ai fait agir sur le phénol et sur la diméthylaniline..

Les azoïques issus du *p*-aminostyrolène monomère sont des substances bien cristallisées. Ils sont solubles dans les solvants organiques usuels, tandis que

(7) Détails opératoires et produits obtenus seront décrits par ailleurs.

(1) A. Bernthsen et F. Bender, *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, 15, 1882, p. 1982. G. Komppa, *Ibid.*, 26, 1893, p. 677.

(2) S. Sabetay et T. Mitsou, *Bull. Soc. Chim. France*, 45, 1929, p. 842.

leurs sels se dissolvent facilement dans l'eau. Les colorants provenant de l'amine polymère présentent sensiblement les mêmes caractères, mais ils ne sont pas cristallisables et se déposent dans tous les solvants sous forme de laques à points de fusion mal définis.

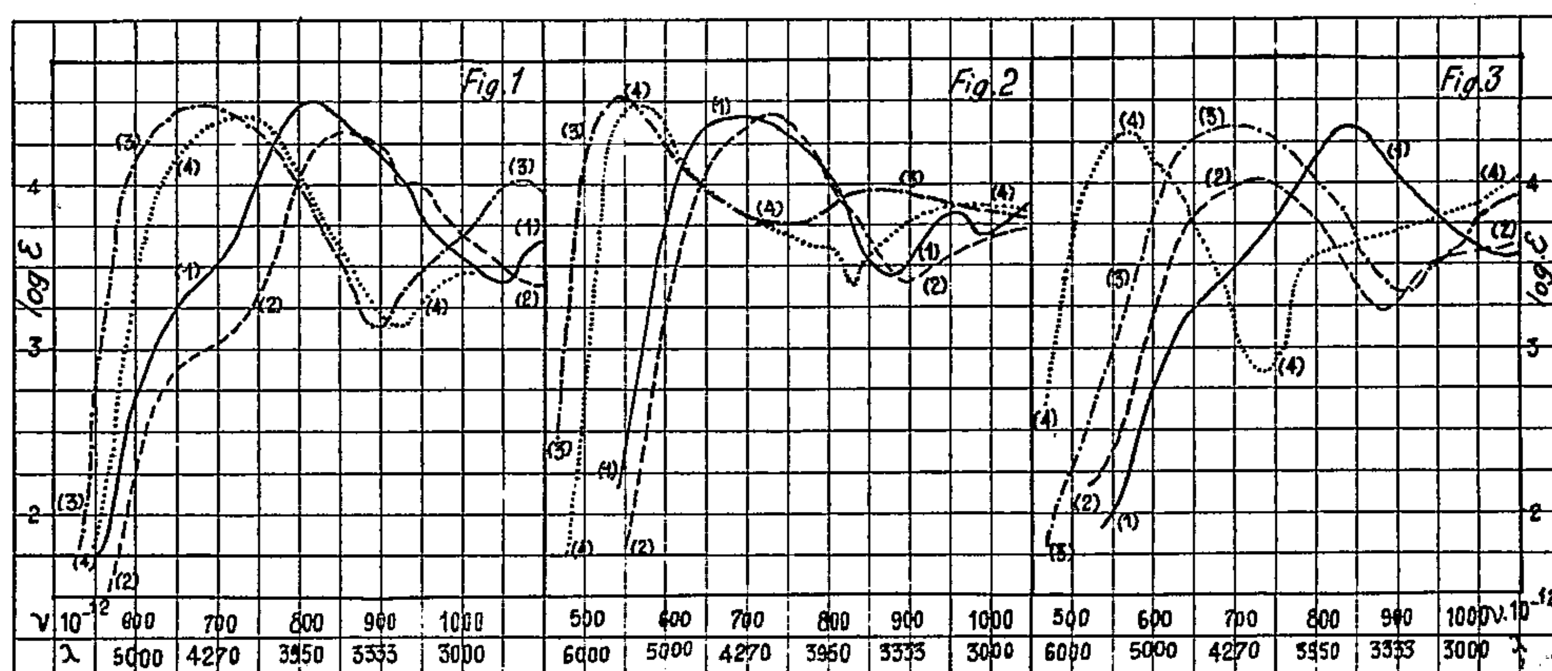


Fig. 1. — 4-vinyl-4'-hydroxyazobenzène : (1), alcool; (3), NaOH alcool N/20. 4-hydroxyazobenzène : (2), alcool; (4), NaOH alcool N/20.

Fig. 2. — 4-vinyl-4'-diméthylaminoazobenzène : (1), alcool; (3), H l alcool N/10. 4-diméthylaminoazobenzène : (2), alcool; (4), H l alcool N/10.

Fig. 3. — (4-vinyl-4'-hydroxyazobenzène)^x : (1), alcool; (3), NaOH alcool N/20. (4-vinyl-4'-diméthylaminoazobenzène)^x : (2), chlorof.; (4), HCl alcool 5 N.

Tous les produits obtenus ont été soumis à l'analyse spectrale. La comparaison de leurs courbes d'absorption avec celles des azoïques non vinylés correspondants a montré que l'influence d'un groupe éthylénique en position *para* par rapport à la fonction azo est relativement faible. En examinant la figure 1 on voit que le spectre de 4-vinyl-4'-hydroxyazobenzène (courbe 1) est voisin de celui du 4-hydroxyazobenzène (courbe 2). De même, la figure 2 montre que la courbe d'absorption du 4-vinyl-4'-diméthylaminoazobenzène (courbe 1) est proche de celle du 4-diméthylaminoazobenzène (courbe 2). La même observation peut être faite sur les sels (*cf.* sur chacune des figures 1 et 2 les courbes 3 et 4). Qu'il s'agisse d'azoïques libres ou de leurs sels, on note néanmoins que les maxima des bandes principales sont nettement déplacés vers les grandes longueurs d'onde et que les intensités sont légèrement accrues. La comparaison des spectres d'absorption des azoïques provenant du *p*-aminostyrolène monomère (*fig.* 1 et 2) avec ceux des colorants dérivés du polymère (*fig.* 3) révèle une analogie de structure. Il est à remarquer en outre que les courbes de ces derniers se rapprochent encore plus de celles des azoïques non-vinylés, ce qui pourrait s'expliquer par la saturation des liaisons éthyléniques au cours de la polymérisation.

PARTIE EXPÉRIMENTALE. — *4-aminostyrolène*, C_8H_9N. — Cette substance a été préparée par déshydratation de l'alcool 4-aminophényléthylique au moyen de la potasse ([2]). $É_3$ 94°; F 23-24°.

4-vinyl-4'-hydroxyazobenzène, $C_{14}H_{12}ON_2$. L'aminostyrolène fraîchement distillé (1 mol) a été diazoté, dans les conditions habituelles, à l'aide de $NaNO_2$ (1 mol) et de HCl dilué (2 mol). La solution diazoïque a ensuite été versée dans une solution alcaline de phénol (1 mol). L'hydroxyazoïque, précipité par un acide et recristallisé dans le cyclohexane, se présente sous forme de paillettes de couleur rouille F 137°. Trouvé %, C 73,98; H 5,46; N 12,22; Calculé %, 75,00; 5,36 et 12,50.

4-vinyl-4'-diméthylaminoazobenzène, $C_{16}H_{17}N_3$. — La solution provenant de la diazotation du 4-aminostyrolène (1 mol) est introduite peu à peu dans une suspension aqueuse de diméthylaniline, en présence d'un excès de CH_3CO_2Na. La base se dépose dans le cyclohexane en petits cristaux jaune brun F 167°. Trouvé %, C 76,17; H 7,11; N 16,52; Calculé % 76,49; 6,77 et 16,73.

4-aminostyrolène polymère, $(C_8H_9N)^x$. — Ce polymère a été obtenu par décarboxylation thermique de l'acide 4-aminocinnamique, selon Bernthsen et Bender (*loc. cit.*). F 105-120° (Peu net).

Diazotation de l'aminostyrolène polymère et copulations. — Cette diazotation s'effectue dans les mêmes conditions que celle du monomère. La copulation du sel de diazonium obtenu avec le phénol fournit une laque rouge de formule $(C_{14}H_{12}ON_2)^x$. Trouvé %, N 12,16 et 12,21; Calculé %, 12,50. L'action de la diméthylaniline donne naissance à une laque jaune brun de composition $(C_{16}H_{17}N_3)^x$. Trouvé %, N 16,72 et 16,75; Calculé %, 16,73.

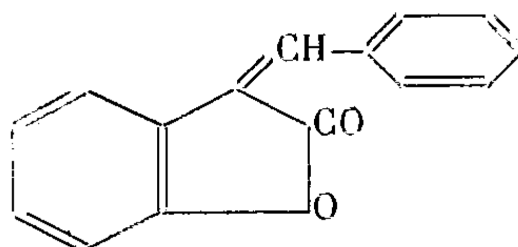
CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des agents alcalins sur la taxifoline.* Note de MM. **Jacques Jouanneteau**, **Georges Zwingelstein** et **Charles Mentzer**, présentée par M. Marcel Delépine.

Alors que la plupart des flavanonols se réarrangent en milieu alcalin avec formation de benzal-2 ou de benzal-3 coumaranones, la taxifoline aboutit dans les mêmes conditions à une benzyl-2 coumaranone dont la structure a pu être vérifiée par comparaison avec un échantillon authentique.

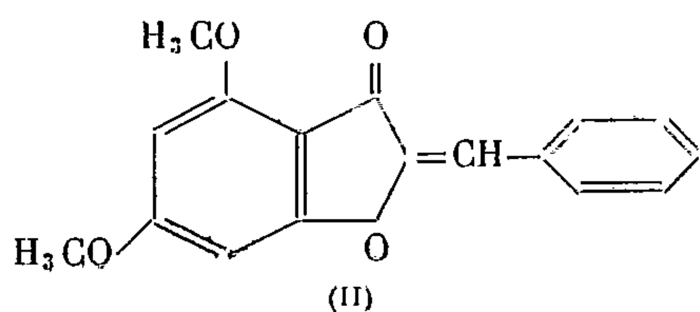
De nombreux essais ont été effectués en vue de déterminer le comportement des flavanonols vis-à-vis des agents alcalins. De telles études présentent surtout un intérêt en vue de recherches analytiques ayant pour but l'établissement de la structure des composés nouveaux isolés des végétaux. En général, c'est la fusion alcaline qui est utilisée dans ces cas. Elle s'accompagne d'une dégradation très poussée de la molécule avec rupture de l'hétérocycle et formation d'un acide aromatique (1). Mais, en opérant d'une façon plus ménagée, il est possible de limiter les transformations à de simples isomérisations dont la nature varie d'ailleurs non seulement en fonction des conditions expérimentales, mais

(1) Mlle A. Maurice et C. Mentzer, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 36, 1954, p. 369-372.

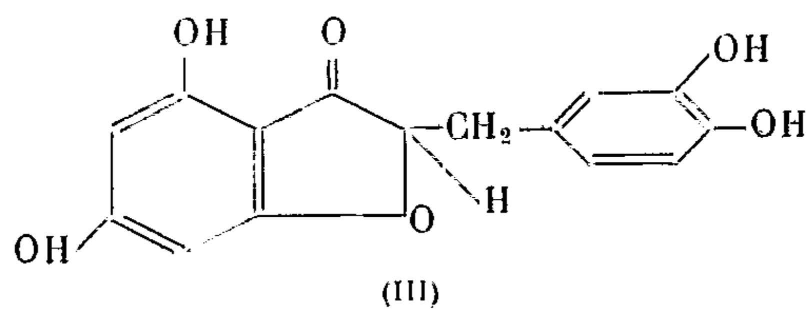
surtout de la structure du flavanonol étudié. M. Kotake et T. Kutoba ([2]) ont signalé qu'une ébullition de 3 mn dans la potasse méthylique à 10 % peut provoquer l'épimérisation de la pentaméthyl-ampélopsine, au niveau du carbone n° 3. Il est vrai qu'une telle hypothèse demanderait à être confirmée. Dans d'autres cas, le réarrangement est plus prononcé et se traduit par une rupture de la liaison carbone-oxygène, puis de la formation d'un cycle pentagonal. Ainsi, les méthyléthers de la fustine, de l'ampélopsine et de la fukugétine se transforment respectivement en benzal-3 coumaranones correspondantes (I), comme on l'a déjà signalé ([2]) et ([3]). Quant à la diméthyl-pinobanksine, elle aboutirait, selon Gripenberg ([4]), à une hydroxy-2 benzyl-2, puis, par déshydratation, à une benzal-2 coumaranone (II).



(I) Benzal-3 coumaranone-1.2, non substituée.



(II)



(III)

En raison de la divergence de ces résultats, nous avons jugé qu'il était nécessaire d'examiner le comportement d'autres dérivés de la même série, vis-à-vis des agents alcalins.

Les flavanonols sont des substances d'accès difficile dont on ne connaît, à l'heure actuelle, qu'un très petit nombre de représentants. Il nous a cependant été possible, au cours de nos recherches, de mettre au point une synthèse de la taxifoline (tétrahydroxy-5.7.3'.4'-flavanonol) dont nous sommes en train d'étudier les propriétés. Il apparaît dès maintenant que ce flavanonol se comporte lui aussi d'une façon différente de ceux qui avaient fait l'objet de recherches antérieures. Le traitement alcalin, dans ce cas, s'effectue de la façon suivante :

1 g de taxifoline, F 238°C (dérivé penta-acétylé, F 150-151°C), λ_{max} 288 mμ ($E^{1\%}_{1\,cm}$ 500 dans l'alcool), est dissous dans 125 cm³ d'eau additionnée de 10 g de potasse. Le mélange est porté à l'ébullition 5 mn sous azote; on le refroidit, l'acidifie à pH 3-4 avec de l'acide chlorhydrique et l'on ajoute 40 g de chlorure

([2]) *Ann.*, 544, 1940, p. 259.

([3]) D. Molho, J. Coillard et C. Mentzer, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

([4]) *Acta Chem. Scand.*, 7, 1953, p. 1323.

de sodium pour faciliter l'extraction à l'éther sulfurique (sans peroxydes). L'extrait éthéré est évaporé et l'on isole 500 mg d'un solide blanc que l'on recristallise dans l'eau jusqu'à ce que le produit ne donne plus de coloration avec le réactif magnésium-acide chlorhydrique. Il forme des aiguilles blanches de F 263°C, λ_{max} 287 mμ ($e^{1\,\%}_{1\,cm}$ 675 dans l'alcool). Par acétylation dans l'anhydride acétique-pyridine, on obtient, après recristallisation dans l'alcool, un dérivé penta-acétylé blanc de F 175°, λ_{max} 287 μ ($e^{1\,\%}_{1\,cm}$ 360 dans l'alcool.

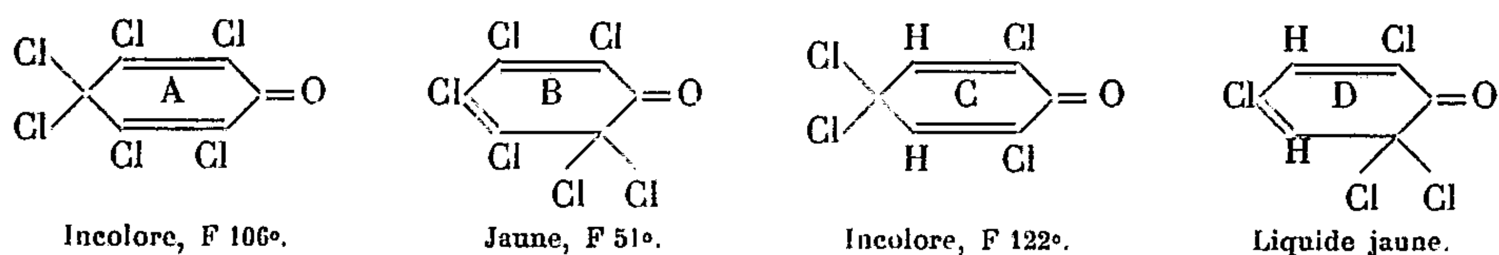
Analyse. — $C_{25}H_{22}O_{11}$, calculé %, C 60,24; H 4,45; trouvé %, C 60,75-60-76; H 4,55-4,54.

D'après ces résultats, la substance obtenue ne peut être ni une benzal-3, ni une benzal-2 coumaranone, ni une forme épimère du produit de départ. Par contre, le point de fusion, l'analyse et le spectre ultraviolet du nouveau composé semblent indiquer qu'il s'agit de la tétrahydroxy-4.6.3'.4' benzyl-2 coumaranone-1.3 (III). En effet, par comparaison avec un échantillon authentique de cette coumaranone préparée selon Geissman ([5]), l'identité des deux substances a pu être prouvée. Le mécanisme de cette nouvelle réaction ainsi que son degré de généralité sont actuellement à l'étude.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Spectres Raman de chlorocyclohexadiène-*1.5 *ones-*3 *et de leurs isomères-*1.4. Note de MM. **Hans Stammreich, Robert Forneris, Roland Fort** et **Léon Denivelle**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de travaux antérieurs, deux d'entre nous ([1]), ont été amenés à assigner une structure de chlorocyclohexadiène-1.5 one-3 au composé (B) considéré précédemment comme un hypochlorite d'aryle ([2]), ([3]). Une étude nouvelle du spectre Raman de ce composé et d'un composé analogue (D) confirme cette structure cyclohexadiènonique.

Notre étude spectroscopique a porté sur les composés ([3]) :



Incolore, F 106°. Jaune, F 51°. Incolore, F 122°. Liquide jaune.

en utilisant successivement deux sources d'excitation :

1° Hg 5460,7 Å, lumière de deux lampes à mercure à basse pression et

([5]) T. A. Geismann et H. Lischner, *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 3001.

([1]) L. Denivelle, R. Fort et J. Favre, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 340 et 238, 1954, p. 124.

([2]) L. Denivelle et R. Fort, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1514 et 1658.

([3]) Le produit (A) doit être spécialement purifié pour éliminer une fluorescence orangée.

courant de 20-25 A, filtrée par une solution mixte de tartrazine et de nitrate de néodyme et praséodyme. Spectrographe Lane-Wells à trois prismes donnant une dispersion linéaire de 45 Å/mm vers 5460 Å. Spectres enregistrés sur film Kodak Tri—X+ pour :

(A)	en solution à	20 %	dans	CCl_4 avec poses de 15 et 45 mn;
(A)	»	20	»	benzène avec pose de 1 h 30;
(B)	»	30	»	CCl_4 avec poses de 15 et 45 mn;
(B)	»	20	»	benzène avec poses de 15 et 50 mn;
(B)	»	25	»	benzène avec poses de 15 et 45 mn;
(C)	»	4	»	chloroforme avec pose de 45 mn;
(C)	»	25	»	dioxane avec pose de 3 h;
(D)	»	25	»	CCl_4 avec poses de 15 mn, 45 mn et 2 h 30.

2° He 5875,6 Å, lumière de lampe à hélium très pur sous pression de 2 mm, construite par l'un de nous ([4]) et fonctionnant sous 2 000 V et 400 mA; les radiations inférieures à 5875,6 Å sont absorbées par une solution de chromate de potassium. Spectrographe Zeiss à trois prismes donnant une dispersion linéaire de 72,7 Å/mm vers 5875 Å. Spectres enregistrés sur des plaques Kodak P 1 500 pour la région inférieure à 6 500 Å, et sur plaques Kodak IF 3 pour la région au-dessus de 6 500 Å, pour la recherche des groupes cétoniques. Nous avons enregistré les spectres de :

(A)	en solution à	14 %	dans	CCl_4 avec pose de 5 h;
(A)	»	5	»	benzène avec poses de 3 h 30 puis 10 h;
(B)	»	20	»	CCl_4 avec poses de 2 et 6 h;
(C)	»	6	»	benzène avec pose de 6 h;
(C)	»	4	»	chloroforme avec poses de 4 et 12 h;
(D)	»	10	»	CCl_4 avec poses de 2 et 11 h.

Nous rassemblons dans le tableau ci-après les fréquences (ν en cm^{-1}) que nous avons trouvées, ainsi que celles observées pour (A) et (B) par Shorigin et Gostev ([5]).

Nous voyons que nos spectres de (A) et de (B) sont plus complets que ceux de Shorigin et Gostev. Ils présentent tous deux une vibration cétonique; celle de (B) à 1718 cm^{-1}, a échappé aux auteurs russes, c'est l'absence de cette vibration qui les a incités à considérer (B) comme un ester hypochloreux. Il en est de même pour le spectre de (D) qui présente comme celui de son isomère (C), une vibration cétonique excluant toute structure aromatique.

Les spectres des quatres corps (A), (B), (C), (D) sont assez semblables dans la région des fréquences inférieures à 700 cm^{-1} parce qu'elle est particulière aux groupes $\geqslant C - Cl$ et $> C = Cl_2$. Toutefois, dans cette région les

---

([4]) H. Stammreich, *Phys. Rev.*, 1950, p. 78 et *Experienta*, 1950, p. 224; H. Stammreich et R. Forneris, *Z. Naturforsch.*, 7a, 1952, p. 756 et *J. Chem. Phys.*, 21, 1953, p. 344.

([5]) P. P. Shorigin et M. I. Gostev, *J. Phys. Chim. U. R. S. S.*, 24, 1950, p. 938.

spectres de (A) et de (C) possèdent seuls une fréquence inférieure à 200 cm^{-1}, fréquence qui semble liée à leur structure *p*-quinonique. La fréquence caractéristique du groupe cétonique est plus élevée et son intensité est plus faible chez les soi-disants hypochlorites d'aryle (B) et (D) que chez leurs isomères (A) et (C). Par ailleurs, les fréquences de vibration des doubles liaisons C = C sont nettement plus basses chez (B) et (D) que chez (A) et (C); ces caractères qui distinguent les paires de composés (B), (D) et (A), (C), s'expliquent par le fait que, dans ces derniers, le groupe cétonique est en système conjugué croisé avec les liaisons éthyléniques.

A.		B.				
Shorigin.	Nous-mêmes.	Shorigin.	Nous-mêmes.	C.	D.	Vibration probable.
–	198 (1)	–	–	173 (4*b*)	–	–
–	239 (4)	–	234 (3)	223 (4)	–	$C=Cl_2$
–	320 (3)	–	327 (1)	315 (2)	–	$C=Cl_2$
368 (2)	384 (6)	–	378 (4)	380 (10)	381 (5)	C—Cl
–	480 (3)	–	467 (2)	462 (5)	–	–
–	538 (2)	530 (0)	527 (2*b*)	–	529 (3)	–
–	669 (2)	605 (0)	670 (1)	–	617 (1)	–
–	–	–	–	–	661 (2)	–
704 (1)	–	–	–	709 (1)	–	–
–	734 (2)	–	–	–	–	–
–	786 (3)	–	–	771 (3)	–	–
–	–	–	–	792 (3)	–	–
–	–	–	–	950 (0)	845 (5)	–
1043 (2)	1045 (2)	–	1145 (1)	–	–	–
–	–	1180 (5)	1181 (5)	–	–	–
–	–	–	1239 (2)	1244 (1)	–	–
–	1594 (2)	1531 (7)	1525 (10)	–	1555 (10)	C=C
1607 (5)	1610 (10)	1580 (0)	1581 (4)	1639 (5)	1611 (2)	C=C
1697 (4)	1693 (7)	–	1718 (3)	1697 (7)	1708 (3*b*)	C=O

Ces divers résultats sont bien en accord avec la structure que nous avons attribuée aux composés (B) et (D) ([1]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation de l'arginine*. Note de MM. **Marcel Mourgue** et **Raymond Dokhan**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'oxydation de l'arginine chez les êtres vivants fait l'objet de nombreux travaux, mais il n'en est pas de même de son oxydation par voie chimique. Kutscher ([1]), faisant agir une solution de permanganate de potassium sur une

---

([1]) *Z. f. physiol. Chem.*, 32, 1901, p. 413; *Ibid.*, 43, 1905, p. 93 et *Ber. d. Dtsch. Chem. Ges.*, 36, 1903, p. 3024.

solution d'arginine, a isolé l'acide γ-guanidobutyrique et la guanidine. Nous avons appliqué la chromatographie sur papier à l'étude du même problème, en substituant l'eau oxygénée au permanganate de potassium comme agent oxydant.

Nous avons fait agir une solution d'eau oxygénée à 100 volumes sur une solution d'arginine (3 mg/cm³), alcalinisée par addition de petits volumes de soude normale. Nous avons opéré avec des concentrations croissantes en eau oxygénée et à diverses températures. Ces deux facteurs ont influencé la vitesse de la réaction sans modifier le type général de l'oxydation, qu'a permis de définir l'analyse des produits de dégradation de l'arginine. L'étude chromatographique de ceux-ci, réalisée suivant une technique déjà décrite ([2]); a permis de mettre en évidence de nombreux dérivés de l'acide α-amino δ-guanidovalérianique soumis à l'action de l'eau oxygénée.

Les R_f de ces corps, déterminés sur papier Whatman n° 1 en présence de mélanges soit de *n*-butanol, d'acide acétique et d'eau (73:10:17), soit de pyridine, d'isoamylol, d'acide acétique et d'eau (80:40:10:40) ont été déterminés (révélation par la réaction de Sakaguchi et par la réaction au diacétyle). Leurs valeurs comparées à celles de corps purs de référence, ont été rassemblées ci-dessous :

N° des taches.	Corps de référence.	R_f à 17° (solvant descendant) *n*-butanol acétique.	Pyridine isoamylol.
1	Arginine	0,05	0,18
2	(Corps inconnu)	0,09	0,24
3	Acide α-céto, γ-guanidovalérianique.	0,17	0,31
4	(Corps inconnu)	0,30	0,46
5	Acide γ-guanidobutyrique	0,46	0,54
6	(Corps inconnu)	0,46	0,62
7	β-Guanidopropanol	0,42	0,68
8	Acide β-guanidopropionique	0,39	0,52
9	Guanidine (*)	0,34	0,41
0	(Corps inconnu)	0,02	

(*) Révélée au diacétyle.

Nous avons identifié parmi les produits formés l'acide α-céto-δ-guanidovalérianique, l'acide γ-guanidobutyrique, le β-guanido-propanol, l'acide γ-guanidopropionique et la guanidine. Les dérivés guanidiques monosubstitués 0 et 4 présentent des vitesses de migration dans le *n*-butanol acétique identiques à celles des corps encore inconnus mis en évidence par Y. Robin ([3]), parmi les produits d'oxydation de l'arginine par la L-aminoacideoxydase de *Limnea stagnalis* en présence d'oxygène.

([2]) M. Mourgue et Dokhan, *C. R. Soc. Biol.*, 148, 1954, p. 1434.

([3]) *Thèse Doct. Sc. phys.*, Paris, 1954.

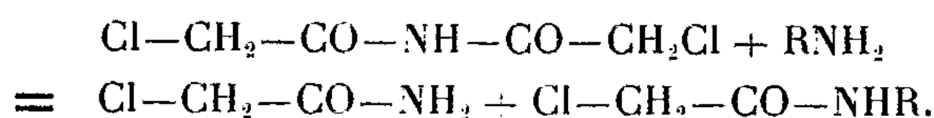
L'étude de l'oxydation de l'acide γ-guanidobutyrique et du guanidopropanol par l'eau oxygénée nous a fourni quelques renseignements sur le mécanisme de la réaction et en a souligné la complexité. En effet, si l'on peut envisager une série de réactions conduisant de l'arginine à la guanidine par l'intermédiaire de l'acide α-céto-δ-guanidovalérianique et de l'acide γ-guanidobutyrique, il est difficile de saisir un lien entre les dérivés 2, 4 et 6. Par ailleurs, le corps 4, qui se forme directement à partir de l'acide α-amino-δ-guanidovalérianique, prend également naissance par oxydation de l'acide γ-guanidobutyrique. Sa dégradation par l'eau oxygénée est complexe ; elle conduit, d'une part à la guanidine et à un acide organique et, d'autre part, à l'acide β-guanidopropionique, en passant par le β-guanidopropanol et probablement par le guanidopropaldéhyde.

Cette étude doit être complétée par l'identification de tous les dérivés d'oxydation mis en évidence. Parmi ceux-ci, le guanidopropanol et l'acide β-guanidoproprionique sont susceptibles de présenter un intérêt biologique particulier, car le métabolisme de l'acide γ-guanidobutyrique, qui paraît être leur précurseur direct, est encore inconnu.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les propriétés chimiques de la dichlorodiacétamide.* Note de M. **Michel Backes**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

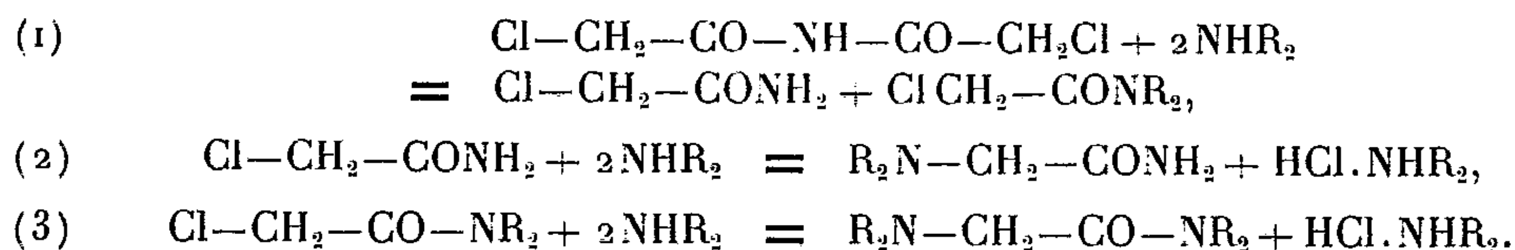
Les amines secondaires scindent d'abord la molécule de dichlorodiacétamide par aminolyse. Ensuite chacune des chloroamides résultant de l'aminolyse est transformée en N-dialcoylaminoacétamide.

Dans une Note précédente ([1]) nous avions montré que l'ammoniac et les amines primaires scindaient la molécule de dichlorodiacétamide par aminolyse :



$$Cl-CH_2-CO-NH-CO-CH_2Cl + RNH_2 = Cl-CH_2-CO-NH_2 + Cl-CH_2-CO-NHR.$$

Les amines secondaires agissent d'abord comme les amines primaires par aminolyse, en donnant une molécule de chloracétamide et une molécule de chloracétamide disubstituée sur l'azote. Mais leur action ne s'arrête pas là. Entre 20 et 50° et en absence de solvant, les amines secondaires se substituent aux Cl terminaux. La réaction globale exige donc 5 mol d'amine :



(1) $$Cl-CH_2-CO-NH-CO-CH_2Cl + 2NHR_2 = Cl-CH_2-CONH_2 + ClCH_2-CONR_2,$$

(2) $$Cl-CH_2-CONH_2 + 2NHR_2 = R_2N-CH_2-CONH_2 + HCl.NHR_2,$$

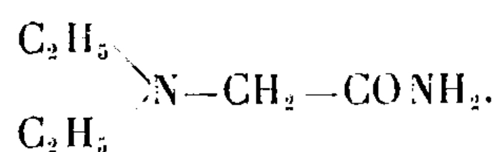
(3) $$Cl-CH_2-CO-NR_2 + 2NHR_2 = R_2N-CH_2-CO-NR_2 + HCl.NHR_2.$$

([1]) M. Backes, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 66.

Nous avons étudié plus spécialement l'action de la *diéthylamine* en l'employant dans la proportion de 1 à 5 mol pour une molécule de dichlorodiacétamide.

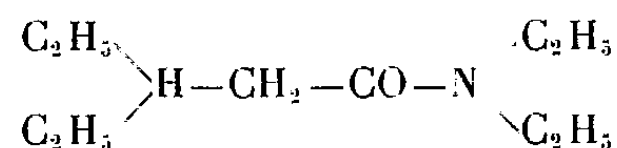
En faisant réagir 1 ou 2 mol d'amine on peut isoler les chloroamides intermédiaires. La chloracétamide est ensuite la première à disparaître. Avec 3 mol d'amine on obtient l'amine diéthylaminoacétique et la N diéthylamide chloracétique. Le phénomène primordial est donc effectivement une aminolyse. La transformation est complète avec 5 mol de diéthylamine et on obtient un mélange des deux amines suivantes :

1° *L'amide diéthylaminoacétique* (²) :



C'est un solide cristallisé qui fond à 76° et qui bout à 142-143° sous 14 mm. Ce composé se sublime facilement dans le vide à partir de 100°. Il donne avec l'acide picrique un picrate de F 161°.

2° *La diéthylamide diéthylaminoacétique* (³) :



C'est un liquide qui bout à 122-123° sous 17 mm. Il est impossible de l'obtenir à l'état pur par distillation fractionnée du mélange des deux amides, car l'amide diéthylaminoacétique sublime déjà à la température d'ébullition de la diéthylamide diéthylaminoacétique.

Le fractionnement des picrates nous a permis d'isoler, à l'état pur, le picrate de diéthylamide diéthylaminoacétique. Le picrate fond à 122°; il ne donne pas de dépression si on le mélange à du picrate de diéthylamide diéthylaminoacétique authentique. Hahn et Loos ont indiqué pour ce picrate le point de fusion de 133°. Nous avons toujours obtenu le F 122° seulement. L'identité de notre picrate résulte en plus de sa composition centésimale :

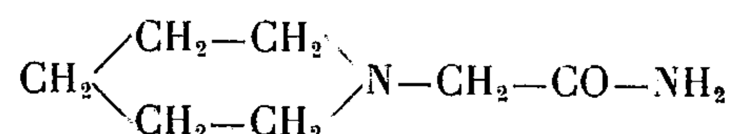
$C_{16}H_{25}O_8N_5$, calculé %, C 46,26; H 6,02; N 16,75; trouvé %, C 46,25; H 6,11; N 16,83,

La *pipéridine*, utilisée dans la proportion de cinq mol pour une mol de dichlorodiacétamide conduit, avec de bons rendements, aux deux amides prévues :

(²) EICHHORN et HAMBURGER, *Liebigs Annalen*, 361, 1908, p. 127.

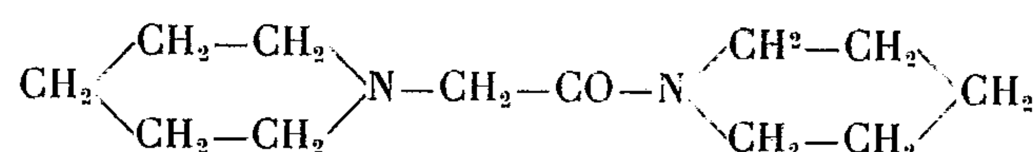
(³) HAHN et LOOS, *Berichte Chem. Ges.*, 51, 1917, p. 1441.

1° *La pipéridylacétamide* (4)



Cette substance se présente sous forme de cristaux blancs. Elle fond à 106° et elle bout à 164-165° sous 19 mm. Très soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther, elle l'est moins dans le benzène.

2° *La pipéridide pipéridyl 2 acétique* (5) :



est un solide blanc, de F 49-50°, de É_{23} 172°. Il est très soluble dans le benzène et l'éther, très soluble dans l'alcool et presque insoluble dans l'eau.

La *diphénylamine*, comme l'aniline, est sans action sur la dichlorodiacétamide, au moins jusqu'à la température de 80°.

En résumé, les amines secondaires aliphatiques provoquent d'abord l'aminolyse de la dichlorodiacétamide, comme le font l'ammoniac et les amines primaires. Ensuite elles se substituent aux chlores pour former deux N-Dialcoylamino-acétamides.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Comparaison des courbes de croissance et de concentration en tanin chez des prothalles de Filicinées cultivés dans des milieux diversement additionnés de glucose.* Note (*) de Mme **Suzanne Laurent**, présentée par M. Roger Heim.

Les courbes figurées ci-dessous représentent la moyenne de cinq expériences conduites de la manière suivante :

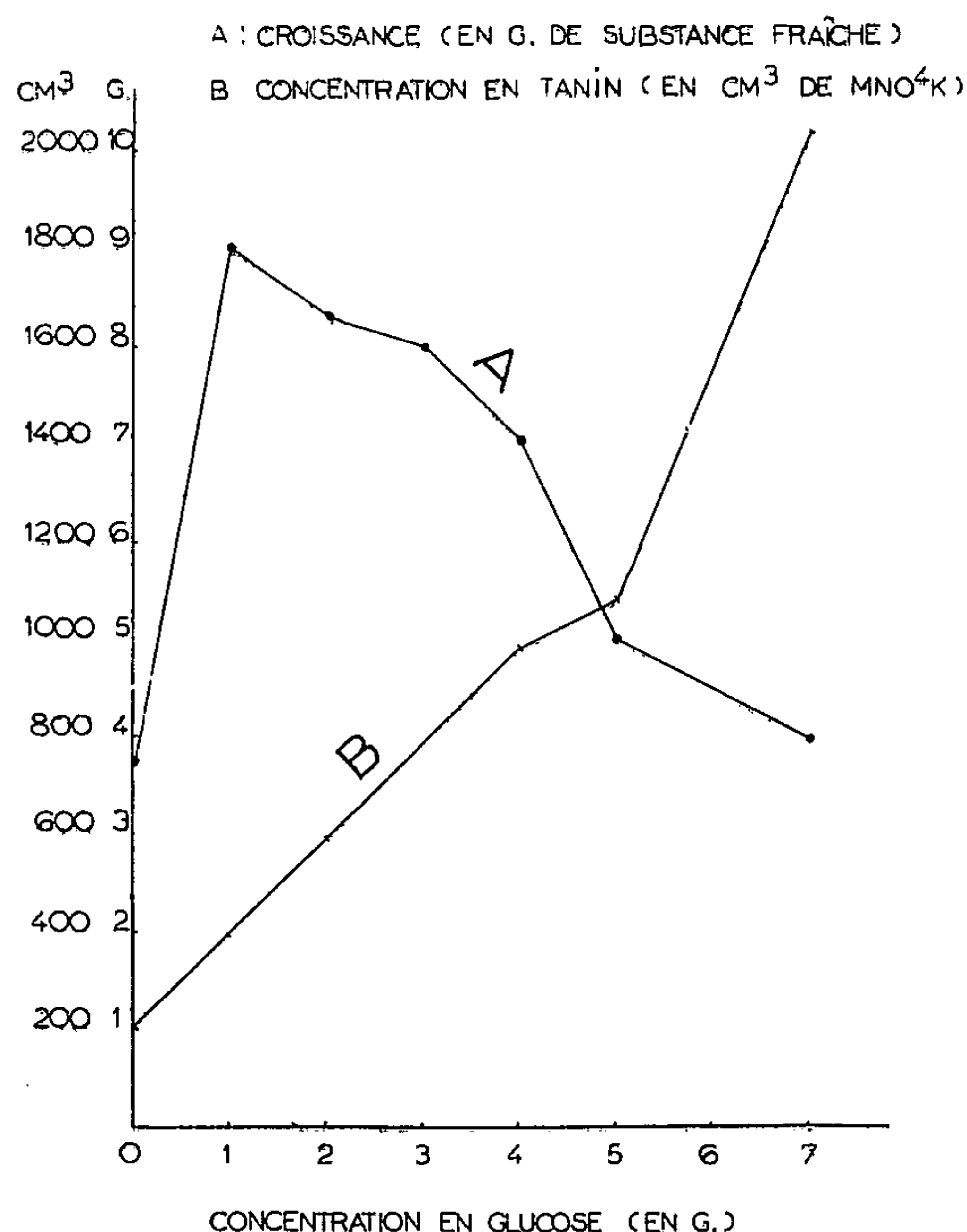
Des prothalles identiques sont repiqués dans des milieux liquides constitués par du Knop seul ou additionné de 1, 2, 3, 4, 5, 7 % de glucose. Au bout de 50 jours environ, les prothalles sont pesés et le tanin dosé pour chacun des milieux.

Les résultats sont exprimés en grammes de substance fraîche pour la croissance et en centimètres cubes de permanganate pour le tanin (*voir* Note antérieure) (1).

(4) Raynolds et Walker, *Brit. Patent*, 497, 1938, p. 485.
(5) Hinsberg et Rosenzweig, *Berichte Chem. Ges.*, 27, 1894, p. 3255.

(*) Séance du 22 novembre 1954.
(1) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2428.

Examen de la courbe de croissance. — Cette courbe vérifie les résultats obtenus par G. Hurel-Py ([2]). Comme cet auteur, nous avons constaté que la croissance passe par un maximum situé aux environs de 1 % de glucose, et qu'à partir de 7 % la croissance est inférieure à celle des prothalles cultivés en milieu minéral. La toxicité des milieux fortement glucosés limitera donc l'expérience à des milieux renfermant 7 % de glucose.



Examen de la courbe de concentration en tanin. — On observe ici une augmentation continue de la concentration en tanin en fonction de la quantité de glucose fournie. La courbe, qui pourrait être figurée par une droite entre 0 et 5 % de glucose, se redresse pour des concentrations supérieures, indiquant une augmentation de plus en plus importante du tanin par rapport aux concentrations en glucose.

Étude comparative. — De 0 à 1 % de glucose, les deux courbes traduisent l'influence directe de la nutrition glucosée sur la croissance et la concentration en tanin. L'augmentation de poids des cultures, indice d'une synthèse croissante de matière vivante, témoigne d'une activité plus grande du métabolisme

([2]) *Rev. Gén. Bot.*, 57, 1950.

ayant pour conséquence une élaboration accélérée de substance inerte, déchet ou réserve.

De 1 à 3 % de glucose, la chute progressive de la croissance ne s'accompagne pas d'une chute de la concentration en tanin qui, au contraire, continue à s'élever. Elle s'accélère même à partir de 5 %, c'est-à-dire pour des concentrations nuisibles à la croissance.

Cette non concordance de la synthèse de matière prothallienne et de l'élaboration de tanin est justiciable de deux explications :

1° Le tanin, produit de déchet, s'accumule surtout pour des concentrations en glucose excessives perturbant le métabolisme. Cette hypothèse s'accorde avec l'accélération constatée à partir de 5 % de glucose, mais ne cadre pas avec ce qu'on observe entre 0 et 1 %, intervalle dans lequel, pour un métabolisme actif et une croissance en progression, on voit aussi augmenter la concentration en tanin.

2° La proportion de matière vivante (cytoplasme) par rapport à la substance inerte (vacuoles) augmenterait dans les prothalles cultivés sur milieux fortement glucosés, en raison, peut-être, de l'élévation de la pression osmotique du milieu entraînant celle des vacuoles. Dans ce cas, l'augmentation du rapport du tanin formé à la matière vivante ne serait qu'apparente, la proportion de cytoplasme s'élevant, comme celle de tanin, aux fortes concentrations en glucose.

Des expériences en cours permettront de confirmer l'une ou l'autre de ces hypothèses.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le métabolisme glucidique des Borraginacées vivaces.* III. *Métabolisme et variations saisonnières des glucides des racines de* Symphytum officinale. Note de M. **Robert Bourdu**, présentée par M. Raoul Combes.

Symphytum officinale accumule dans ses racines le double équipement glucosidique et fructosidique déjà signalé dans *Anchusa sempervirens* avec une prépondérance des fructosides nettement marquée, cette fois. Leur série est plus nombreuse et certains termes plus polymérisés. L'étude des variations saisonnières met en évidence le rôle préférenciel de l'une ou de l'autre de ces réserves.

L'étude du métabolisme des racines des Borraginacées vivaces dont nous avons signalé le double équipement glucidique (1) nous amène à distinguer parmi elles deux groupes : le groupe des espèces où la série glucosidique (amidon-dextrines) est quantitativement prépondérante (type *Anchusa sempervirens*) et le groupe des espèces où la série fructosidique (glucofructosanes) forme la majeure partie des sucres de réserve (type *Symphytum officinale*). Nous nous proposons, ici, de donner la composition glucidique de *Symphytum officinale* et ses variations saisonnières.

Ces analyses ont été conduites par les méthodes et avec les précautions précédemment mentionnées ([1]).

1. *Sucres réducteurs, saccharose, fructosides.* — Les sucres entraînés par des extractions à l'alcool à 60° bouillant sont, pour les termes les moins polymérisés, les mêmes que ceux rencontrés dans toutes les plantes à fructosanes.

Le groupe des sucres réducteurs est constitué par un mélange de glucose et de fructose dont le poids est généralement en très faible proportion par rapport à celui des sucres accumulés (1 à 5 %). Cependant au moment de la pleine floraison ce taux s'élève beaucoup (jusqu'à 18 %).

Les chromatogrammes font apparaître, à ce moment, une anomalie à expliquer que vérifie le dosage du fructose par la méthode sélective d'Ost : la proportion du fructose libre, généralement voisine de 1 par rapport au glucose, s'élève notablement. Le glucose disparaît même complètement pendant quelques jours au début de la floraison, tandis que le fructose demeure et augmente d'une façon continue. Le rapport fructose/glucose présente donc une variation très brutale ; il est égal à 3 durant la pleine floraison. Ceci semble bien indiquer une utilisation différente de ces sucres par la plante à cette période cruciale de son cycle végétatif.

La présence sur les chromatogrammes d'une tache non déplaçable et d'une traînée importante au-dessus des 7 ou 8 taches habituelles en plus du saccharose montre que *Symphytum officinale* possède un équipement en polyfructosides à grosses molécules plus complexe et plus riche que celui des *Anchusa*. Cette impression est confirmée par la richesse en sucres des tissus déjà épuisés par l'alcool. Ces sucres sont facilement extraits par l'eau. Le pouvoir rotatoire global est voisin de celui de l'inuline : $[\alpha]_D = -42°$, $[\alpha]_D = -90°$ (après hydrolyse). Mais leur grande solubilité dans l'eau froide les distingue nettement de ce fructoside typique qui, lui, serait insoluble dans ces conditions. Ils sont très hygroscopiques ; donnent un complexe barytique qui ne peut être séparé que par affusion d'un peu d'alcool. On ne les observe jamais sous forme de sphérocristaux dans les tissus desséchés par l'alcool. Tous ces caractères les rapprocheraient plutôt des fructosides extraits des Monocotylédones que de ceux connus chez les Dicotylédones.

2. *L'amidon, les dextrines.* — On trouve de l'amidon dans les racines de *Symphytum officinale* et parfois en proportion importante, mais il disparaît complètement pendant toute la croissance de la plante et durant la première partie de la floraison. A côté de l'amidon il existe une petite quantité d'achroodextrines décelable pendant la période de repos, jamais d'érythrodextrines si nettement identifiables, au contraire, chez *Anchusa sempervirens*.

([1]) R. BOURDU et M. QUILLET, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1751.

3. *Variations saisonnières.* — Ces différents glucides évoluent très rapidement durant le cycle végétatif. Le tableau ci-dessous en donne une idée :

Date.	G.	F.	S.	GF.	A.	D.	Observations.
25 février........	0,24	0,30	6,53	37,89	0	0,20	Reprise de la végétation
24 mars........	0,37	0,37	4,34	27,21	0	0	Croissance
9 avril..........	0	2,10	3,00	30,00	0	0	Croissance
23 avril.........	0	2,17	3,68	30,91	0	0	Croissance, début de floraison
17 mai..........	1,43	4,34	8,52	12,06	4,72	0	Pleine floraison
10 juillet........	0,41	0,41	3,78	24,20	5,87	0,40	Formation des fruits
9 octobre........	0,04	0,30	3,28	34,00	12,62	0,77	Repos
30 décembre.....	0,10	0,30	4,57	30,84	4,09	0,25	Fin du repos

(Quantités de sucres en grammes pour 100 g. d'organes secs. G, glucose libre; F, fructose libre; S, saccharose; GF, fructosides; A, amidon; D, dextrines.)

Il faut noter l'ampleur particulière des variations constatées, de même sens, d'ailleurs, que celles publiées au sujet d'*Anchusa sempervirens* ([2]).

La croissance des parties aériennes se fait aux dépend des réserves tant glucosidiques que fructosidiques. Seule la réserve fructosidique se reconstitue vers la fin de la croissance pour être à nouveau mobilisée, et de façon massive, au moment de la floraison.

Il est curieux de constater que c'est précisément à ce moment là que l'amidon commence à s'accumuler dans les racines. Une telle différence dans le comportement de ces deux catégories de glucides appelle aussi une explication, pour l'instant prématurée. Mais nous espérons tirer quelques lueurs nouvelles de l'analyse, en cours, des parties aériennes.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *La mise en évidence et le fonctionnement de l'anneau initial chez des plantules de* Pinus maritima *Poir.* Note (*) de Mme **Arlette Guerindon**, transmise par M. Pierre Dangeard.

La présente étude permet de montrer l'existence dans le massif méristématique apical des plantules de Pin maritime, d'une région annulaire organogène. Le fonctionnement de l'anneau initial donne naissance à sept hélices foliaires chez des plantules à sept cotylédons.

On sait, depuis les travaux de L. Koch ([1]) que la localisation des régions organogènes dans l'apex des tiges ne peut être basée uniquement sur l'observation des plans de division et des alignements cellulaires. Une telle description

([2]) R. Bourdu et M. Quillet, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 138.

(*) Séance du 22 novembre 1954.

([1]) *Jahrb. wiss. Bot.*, 22, 1891, p. 491.

statique a pu être remplacée, parmi les techniques cytologiques apportant une précision bien supérieure, par une étude de la fréquence des mitoses elles-mêmes ([2]). Nous avons opéré de cette manière, dans le but de définir les zones prolifératrices du méristème caulinaire chez des plantules de *Pinus maritima*.

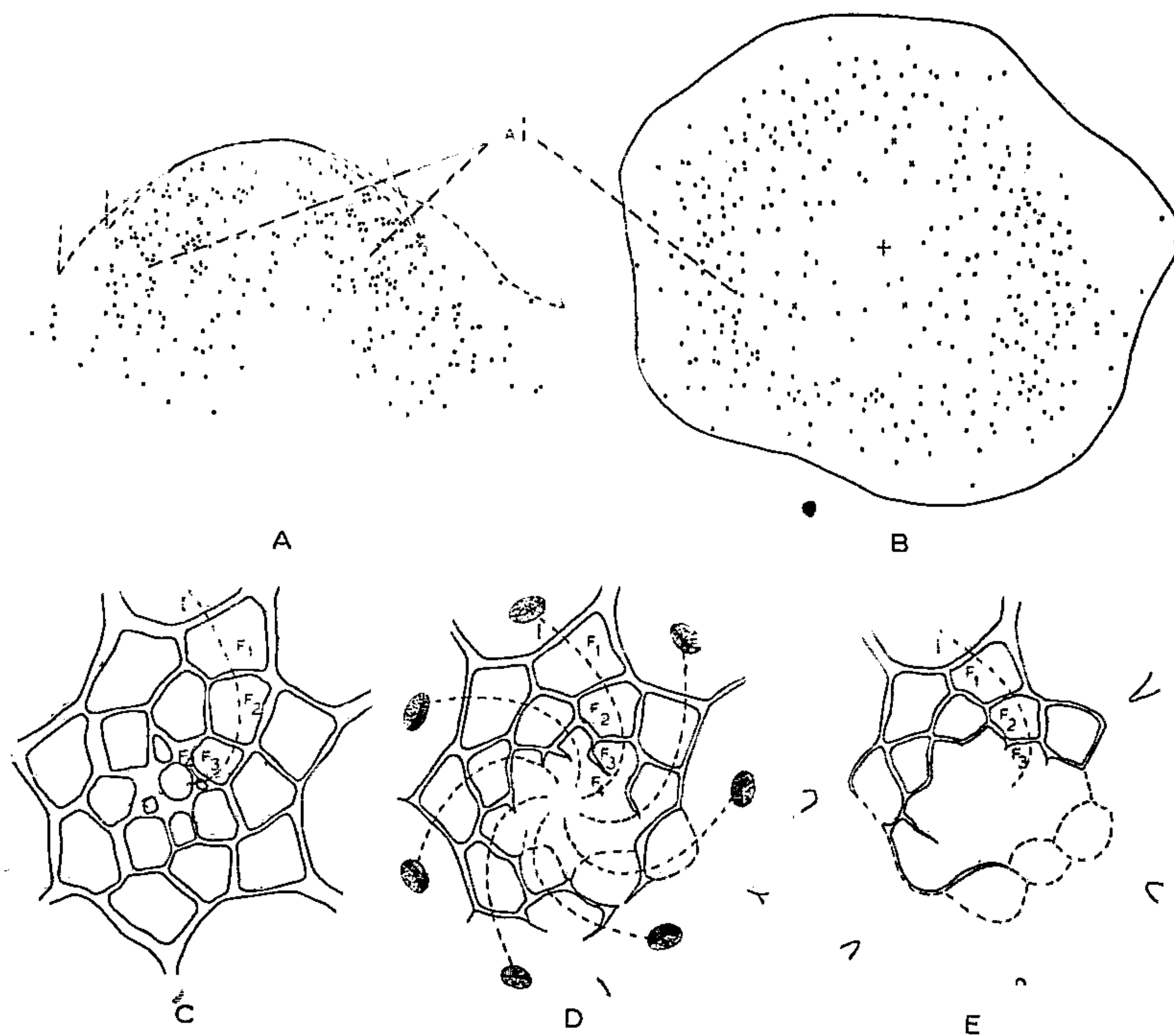


Fig. 1. — A, Superposition de 14 coupes longitudinales axiales médianes correspondant à 7 apex différents de plantules de Pin maritime de 100 mm de longueur. En pointillés, les contours de l'apex représentent respectivement ceux du plus grand et du plus petit point végétatif. Les mitoses sont figurées par des points. La zone dense en mitoses représente la section longitudinale de l'anneau initial (Ai). B, Série de 4 superpositions des 25 premières coupes transversales d'apex de plantules de 100 mm. L'axe des apex est représenté par une grande croix. Les petites croix marquent l'emplacement de la première mitose rencontrée dans chacun des 4 apex (3e et 4e coupes transversales). On note une zone annulaire de grande densité mitotique (Ai). Au contraire, les mitoses sont peu nombreuses près de l'axe du point végétatif. C, D et E, Coupes transversales effectuées à 3 niveaux différents dans l'apex d'une plantule à 7 cotylédons : à 15 μ (C), 85 μ (D) et 100 μ (E) du sommet du point végétatif. Dans la coupe D, les 7 hélices foliaires sont représentées en pointillés. Dans les coupes C et E, l'hélice foliaire I, seule représentée, est prise pour exemple : la coupe C traverse les ébauches foliaires F_1, F_2, F_3, et F_4 qui ont pris naissance successivement. Au niveau D, F_1 et F_2 sont libres, mais F_3 est encore fusionnée par une partie de son bord interne à la masse centrale; elle est en continuité méristématique avec F_4 qui est traversée au niveau de son soubassement, car la coupe a dépassé en profondeur le niveau de son insertion sur les flancs de l'apex. Dans la coupe E, F_3 est entièrement fusionnée à la masse centrale par son bord interne.

Après fixation au liquide de Nawachine d'apex de plantules de 100 mm de longueur, des coupes longitudinales axiales et des coupes transversales

---

([2]) A. LANCE, *Ann. Sc. Nat.*, 13, 11e série, 1952, p. 303.

de 5 μ d'épaisseur ont été effectuées puis colorées par l'hématoxyline ferrique. Parmi les coupes longitudinales, seules les deux coupes médianes ont été conservées pour chaque apex. Nous reproduisions ensuite à la chambre claire chacune des coupes sur une longueur de 175 μ comprenant la totalité de la zone organogène possible, car celle-ci est déjà dépassée dans la région des dernières ébauches formées (à environ 150 μ du sommet). L'emplacement des mitoses, quel que soit leur stade, était ensuite noté. Pour obtenir une répartition statistique des mitoses (dans sept apex différents), nous superposions les différentes figures obtenues (*fig.* 1, A).

Le même travail a été réalisé avec des coupes transversales. Pour une même plantule, la superposition des 25 premières coupes à partir de l'apex reproduit une longueur d'environ 125 μ (comprenant toute la région organogène, comme le montrent les coupes longitudinales). La figure 1, B correspond à la superposition des 25 premières coupes transversales successives de quatre apex différents.

La figure A montre que la région axiale est pauvre en mitoses; cette faible densité mitotique est particulièrement remarquable pour la partie proprement apicale, car on a longtemps pensé qu'elle était la zone initiatrice par excellence. Par contre, de part et d'autre de cet axe où il se produit relativement peu de divisions, on remarque une région où les mitoses sont nombreuses et qui est en réalité le siège de l'activité initiatrice elle-même. Elle représente l'*anneau initial* de L. Plantefol (3), que R. Buvat a mis en évidence chez d'autres espèces par différentes techniques cytologiques (4) et que H. Camefort a décrit chez *Picea* et *Ginkgo* (5). Au-dessous de cette zone, le nombre des mitoses, quoique moins grand que dans l'anneau, indique la présence d'une région encore prolifératrice : en effet, elle édifie les segments foliaires et une partie fournit ultérieurement le procambium. Au-dessus de l'anneau, quelques divisions cellulaires permettent l'entretien de l'anneau initial qui, au fur et à mesure de l'érection des primordiums foliaires, se reforme pour fonctionner de nouveau. La partie axiale de faible densité mitotique correspond au méristème médullaire.

L'examen de la figure B montre une région annulaire où les mitoses se trouvent en grand nombre, alors que le centre en est presque complètement dépourvu. De plus, les premières coupes correspondant à la partie apicale ne présentent pas de division, ce qui confirme le rôle passif de cette partie du point végétatif dans l'ontogénèse de la tige feuillée. La superposition des coupes transversales permet donc de retrouver ce que nous observons pour les coupes longitudinales.

En poursuivant l'examen des coupes transversales effectuées à divers niveaux

(3) *Rev. Gén. Bot.*, 54, 1947, p. 49.
(4) *Ann. Sc. Nat.*, 13, 11e série, 1952, p. 202.
(5) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 65; 233, 1951, p. 88.

du point végétatif (*fig.* 1, C, D et E), nous avons cherché à préciser le nombre des hélices foliaires nées du fonctionnement de l'anneau initial chez une plantule à sept cotylédons.

D'après Plantefol ([3]), un point essentiel est à considérer pour cette étude : la contiguïté le long d'une même hélice, résultat d'une continuité méristématique dans l'anneau. Or, cette dernière n'existe qu'entre un initium et le primordium qui l'a précédé. Les ébauches foliaires sont déjà détachées et ne montrent plus trace de cet ancien contact méristématique. L'observation des derniers initiums et primordiums formés et la contiguïté que l'on peut retrouver en tre les ébauches foliaires successives au fur et à mesure que l'on se rapproche du niveau de leur formation (D et E), permettent de conclure à la présence de sept hélices foliaires progressant de la gauche vers la droite, chacune d'elles correspondant à un cotylédon.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur l'attribution des* Megaphyton *et des* Caulopteris *à certain type de* Pecopteris. Note (*) de MM. **Paul Corsin** et **André Dalinval**, présentée par M. Roger Heim.

Aux tiges de Pécoptéridées, connues sous le nom de *Megaphyton*, correspondent les *Pecopteris* de la section des *Senftenbergia* (famille des Schizéacées, sous-classe des Leptosporangiées), tandis que les *Pecopteris* de la section des *Asterotheca* et formes dérivées (famille des Marattiacées, sous-classe des Eusporangiées) possèdent des tiges désignées sous le nom de *Caulopteris*.

On connaît depuis longtemps, sous des noms génériques et spécifiques spéciaux, les divers organes (tiges, rachis, pennes, pinnules, sporanges) qui se rapportent au genre *Pecopteris*, mais il était, jusqu'à présent, impossible d'attribuer toutes ces différentes parties de la plante à une espèce donnée, même pas à un groupe de *Pecopteris*.

Tiges. — Les tiges sont connues sous le nom de *Megaphyton* Artis, *Caulopteris* Lindley et Hutton et *Hagiophyton* Corsin ([1]).

Les *Megaphyton* sont les empreintes de troncs simples, de fort diamètre, portant à leur surface deux rangées longitudinales et diamétralement opposées de cicatrices foliaires sensiblement contiguës. Ces cicatrices sont allongées transversalement et l'on voit, à l'intérieur, les traces du faisceau qui, par leur composition, indiquent que le rachis principal, issu de chaque cicatrice, va se diviser précocement en deux rachis primaires symétriques par rapport au plan longitudinal passant par celui-là et l'axe du tronc.

Le genre *Caulopteris* groupe des tiges simples, dressées, de forte taille, autour desquelles les cicatrices foliaires, assez proches les unes des autres, sont

(*) Séance du 22 novembre 1954.

([1]) P. Corsin, *Soc. géol. du Nord*, *Annales*, 67, 1947, p. 6-25.

disposées en hélice. Ces cicatrices foliaires sont allongées verticalement et leur faisceau foliaire montre que les rachis, issus de celles-ci, ne se divisent pas en fourche comme dans le cas précédent.

On range sous le nom d'*Hagiophyton* de très grosses tiges arborescentes, simples, portant à intervalles éloignés (40 à 50 cm) de très grosses cicatrices foliaires allongées longitudinalement et formant deux rangées diamétralement opposées suivant deux génératrices du tronc. La structure du faisceau foliaire, de ces cicatrices, indique que le rachis qui prend naissance dans chacune d'elles ne se bifurque pas, par dichotomie, comme chez *Megaphyton*.

Rachis. — Les rachis, issus des cicatrices foliaires, pouvaient donc être de deux sortes, soit simples (*Caulopteris* et *Hagiophyton*) et ne se ramifiant que latéralement (rachis primaires R^1 qui se divisent en nombreux rachis secondaires R^2, etc.), soit fourchus (*Megaphyton*) c'est-à-dire divisés par dichotomie (rachis principal Rp donnant 2 rachis primaires R^1 eux-mêmes garnis latéralement de nombreux rachis secondaires R^2, etc.).

Pennes et pinnules. — Quant au feuillage (pennes de divers ordres et pinnules) il est du type *pécoptéridien*, c'est-à-dire que les pennes sont alternes par rapport au rachis support et les pinnules, sensiblement symétriques, à bords latéraux presque parallèles, à terminaison le plus souvent arrondie, sont attachées par toute leur base. La nervure principale de chaque élément, parfois plus ou moins décurrente sur le rachis, souvent perpendiculaire à celui-ci, se divise en nervures secondaires soit simples, soit une ou plusieurs fois dichotomes.

Sporanges. — Ils sont de deux sortes :

a. les *Senftenbergia*, sporanges isolés, portés par les nervures ou à leur extrémité, pourvus d'une plaque apicale;

b. les *Asterotheca* et formes dérivées, synanges étoilés ou rectilignes sur un réceptacle plus ou moins développé et composés d'un nombre variable de sporanges (4 à 12 ou plus) non munis d'un anneau.

La section des *Senftenbergia* fait donc partie de la sous-classe des Leptosporangiées (famille des Schizéacées) et renferme les groupes du *Pecopteris aspera* Brongniart, du *P. plumosa-dentata* (Artis) et du *P. pennæformis* Brongniart. Quant à la section des *Asterotheca* et formes dérivées, elle rentre dans la sous-classe des Eusporangiées (famille des Marattiacées) et les principaux groupes qu'elle contient sont ceux des *Pecopteris* cyathéoïdes (*Asterotheca*), du *P. Miltoni* Artis (*Asterotheca*), du *P. saræfolia* P. Bertrand (*Asterotheca* évolué), du *Pecopteris avoldensis* Stur (*Zeilleria*), du *P. saræpontana* Stur (*Orthotheca*), du *P. longifolia* Brongniart (*Acitheca*), du *P. polymorpha* Brongniart (*Acitheca*) et du *P. unita* Brongniart (*Ptychocarpus*).

La révision des *Pecopteris* du Bassin houiller du Nord de la France faite par l'un de nous (A. D.) a montré que les frondes bifurquées, appartenant certainement à des *Megaphyton*, possédaient un feuillage (pennes et pinnules) des

types *Pecopteris aspera* et *P. plumosa-dentata*. On peut donc maintenant tenir pour certain qu'au *P. aspera*, aux groupes du *P. plumosa-dentata* (*P. acuta*, *P. plumosa-dentata*, *P. plumosa* var. *crenata*, *P. Bioti* et *P. Bredovi*) et du *P. pennæformis* (*P. pennæformis* et *P. Volkmanni*), rentrant tous dans la famille des Schizéacées, correspondent les *Megaphyton* c'est-à-dire les tiges ayant deux rangées longitudinales de frondes avec un rachis principal bifurqué en deux rachis primaires qui seuls portent des pennes latérales.

Aux *Caulopteris*, portant des rachis simples, correspondraient les nombreux groupes ayant des sporanges du genre *Asterotheca* et formes dérivées rentrant dans la famille des Marattiacées.

Quant à l'*Hagiophyton*, qui est un genre très rare, peut-être faut-il lui associer un groupe de *Pecopteris* possédant des sporanges d'un type dérivé d'*Asterotheca*.

Cette assimilation concorde parfaitement avec les renseignements stratigraphiques que nous possédons sur les divers organes se rapportant aux Pécoptéridées. En effet les *Megaphyton* apparaissent dès le Westphalien B (peut-être A) et sont connus jusqu'au sommet du Stéphanien ; or on trouve des *Pecopteris* de la section des *Senftenbergia* depuis la base du Houiller (*P. aspera*) jusqu'au sommet (*P. plumosa-dentata* et *P. Bioti*). De même les *Caulopteris* débutent avec certitude dans le Westphalien D et se perpétuent dans tout le Stéphanien et le Permien, et justement c'est au Westphalien D qu'a lieu la grande explosion des *Pecopteris* de la section des *Asterotheca* et formes dérivées qui persistent jusqu'au Permien.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude des huiles de graines de Crucifères* (V). Note de M. **Émile André** et Mlle **Monique Maille**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note récente ([1]) nous avons comparé, au point de vue de leur teneur en substances insaponifiables, 1° les huiles que l'on peut obtenir par pression à partir des graines de crucifères convenablement broyées et 2° les huiles qui peuvent être récupérées à partir des tourtaux en les épuisant par l'essence légère de pétrole. Nous avons montré que les huiles de pression contiennent toujours une quantité de substances insaponifiables nettement inférieure à celle qui existe dans les huiles récupérées. Dans le cas des graines que nous avons étudiées, les huiles d'extraction contenaient de 1,7 à 2,5 fois plus de substances insaponifiables que les huiles de pression.

Poursuivant nos recherches, nous avons étudié comparativement ces deux qualités d'huile quant à leur teneur en phospholipides. Nous avons constaté

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1240.

d'abord que la densité des huiles récupérées par extraction est toujours plus élevée que celle des huiles de pression.

Densité comparée des huiles obtenues par pression et des huiles récupérées par extraction : $D_{0°}^{15°}$.

	Colza nain de Hambourg.	Navette de Printemps.	Moutarde noire Italie.	Moutarde noire Alsace Boquet.	Moutarde noire Alsace Wintz.
Huile de pression...........	0,911	0,914	0,911	0,912	0,916
Huile récupérée (extraction)..	0,917	0,926	0,922	0,926	0,940

Notre attention a tout de suite été attirée par la densité tout à fait anormale (0,940) de l'huile d'extraction retirée du tourteau de graines de moutarde noire d'Alsace Wintz.

Malgré cette densité extraordinairement élevée, la détermination de l'indice de saponification (179) et de l'indice d'iode (102) de cette huile n'a rien présenté d'anormal; les résultats obtenus diffèrent à peine de ceux qu'avait fournis l'huile de pression.

Nous avons été amenés à penser que l'huile en question devait contenir une assez grande proportion de lécithine. En raisonnant par analogie, on devait conclure que l'accroissement de la densité des huiles récupérées devait avoir la même cause.

Pour vérifier cette hypothèse nous avons pratiqué le dosage du phosphore dans les huiles de pression et dans les huiles d'extraction. Nous avons utilisé dans ce but la méthode gravimétrique mise au point en 1893 par Villiers et Borg ([2]). Elle consiste, après avoir procédé à la destruction de la matière organique, à précipiter le phosphore à l'état de phosphomolybdate d'ammonium. On recueille et l'on pèse le précipité obtenu. Nous avons jadis longuement étudié et pratiqué cette méthode que nous croyons précise et fidèle. Les résultats qu'elle a fournis figurent dans le tableau suivant. Pour les exprimer en lécithine nous avons multiplié la quantité de phosphore trouvée par 26, coefficient quelque peu empirique, mais qui est généralement admis par les chimistes analystes.

	Huiles de pression.		Huiles d'extraction.	
	Quantité de P. (%).	Quantité de lécithine.	Quantité de P. (%).	Quantité de lécithine.
Navette de printemps...........	traces indosables	»	0,16	4,16
Moutarde noire Italie...........	0,003	0,078	0,16	4,16
» » Alsace Boquet...	0,003	0,078	0,21	5,46
» » Alsace Wintz....	0,005	0,130	0,55	14,30

Pour pousser plus avant nos recherches nous avons tenté de séparer, du mieux que nous pourrions le faire, la partie « lécithines » de la partie

([2]) *Comptes rendus*, 116, 1893, p. 665.

glycérides de nos huiles d'extraction. Pour cela nous les avons agitées avec cinq fois leur volume d'acétone. Une partie se dissout (glycérides) une autre reste insoluble (lécithines). Nous avons dosé le phosphore dans la partie « lécithines ». Les résultats obtenus figurent dans le tableau suivant :

Huiles d'extraction : partie insoluble dans l'acétone.

	Représente (%) de l'huile d'extraction.	Densité.	Quantité de P. (%).	Quantité de lécithine.
Moutarde noire Italie.............	28,8	0,928	0,44	11,5 (*)
Moutarde noire Alsace Boquet.....	14,0	0,965	1,15	30,0
Moutarde noire Alsace Wintz......	18,8	1,020	2,75	72,0

(*) On remarquera que la méthode de fractionnement par l'acétone, généralement préconisée, ne donne pas dans tous les cas une séparation également nette de ce qui est lécithines et de ce qui est glycérides.

Nous ne pouvons pas commenter longuement ici les résultats consignés dans la présente Note. Pour l'instant nous voulons seulement retenir la conclusion suivante :

1° Les graines de moutarde noire d'Alsace sont beaucoup plus riches en lécithine que celles qui sont produites sur le sol et sous le climat d'Italie; 2° nous avons rencontré par hasard une variété de moutarde noire d'Alsace remarquable par sa richesse en lécithine. Ce n'est pas un cas forfuit. Les graines étudiées provenaient de la récolte 1953. Nous nous sommes procuré des graines de la récolte de 1954; leur étude, actuellement en cours, donne des résultats en tous points comparables aux précédents.

ÉCONOMIE RURALE. — *Isolement de* Vibrio fœtus *de l'embryon bovin et technique de purification des souches contaminées.* Note de MM. **Jean Chevé** et **Jean Gauthier**, présentée par M. René Dujarric de la Rivière.

Depuis les travaux de R. Vinzent et Alloy [1], R. Vinzent, J. Delarue et Hébert [2], R. Vinzent, J. Dumas et N. Picard [3], qui ont isolé *Vibrio fœtus* dans deux cas chez la Femme et dans un cas chez la Brebis, l'attention a été attirée en France sur les infections vibrionniennes.

La preuve indirecte de l'existence de ce germe chez la Vache a été apportée par H. Jacotot, J. Gallut et A. Vallée [4], qui ont trouvé des épreuves de séroagglutination positives dans des étables de trois dépar-

(1) R. Vinzent et A. Alloy, *Rec. Méd. Vét. Alfort*, 128, 1952, p. 541.
(2) R. Vinzent, J. Delarue et Hébert, *Ann. Méd.*, 51, 1950, n° 1.
(3) R. Vinzent, J. Dumas et N. Picard, *Bull. Ac. Nat. Méd.*, 131, 1947, p. 90.
(4) H. Jacotot, J. Gallut et A. Vallée, *Bull. Ac. Vét.*, 27, 1954, p. 153.

tements. En outre, dans un cas, A. Vallée a pu cultiver une souche de *Vibrio fœtus* provenant d'un fœtus de brebis (Communication personnelle).

Au cours des derniers mois nous avons pu recevoir douze fœtus provenant de diverses régions de la Dordogne. Dans cinq cas nous avons pu mettre en évidence la présence de *Vibrio fœtus*. Nous avons obtenu une fois une culture pure et quatre fois des cultures contaminées. L'une de celles-ci a été perdue avant que nous ayons pu mettre au point notre technique de purification. La souillure la plus fréquemment rencontrée a été *B. coli* ou *Ærobacter ærogenes*, et parfois le Streptocoque fécal.

Après de nombreux essais infructueux nous avons réussi à isoler les souches contaminées en utilisant la technique suivante : dans un premier temps on isole les germes de contamination du groupe *Coli ærogenes*, on prépare ensuite un sérum anti H dont on utilise les propriétés immobilisantes. Le milieu de culture utilisé est le bouillon gélosé à 0,1 % additionné d'amidon soluble au taux de 0,1 % et d'acide para-amino-benzoïque au taux de 25 mg/l. Le milieu est réparti en tubes de large diamètre dans lesquels on place une bougie Chamberland L 3 modèle 5 *ter*. Le niveau du milieu de culture doit être le même à l'intérieur et à l'extérieur de la bougie. Après stérilisation à l'autoclave on introduit à l'intérieur de la bougie 0,2 cm^3 de sérum anti H et 0,1 cm^3 de culture contaminée. Les tubes sont alors placés dans l'étuve à 37°. Les bougies sont enlevées aseptiquement au bout d'un certain temps.

Dans nos essais nous avons obtenu le passage de *Vibrio fœtus* d'une manière inconstante au bout de 1 h, et régulièrement au bout de 2 h. Les tubes de culture sont laissés pendant 48 h dans l'étuve avant un nouveau contrôle de pureté. Cette technique nous a permis de purifier trois souches contaminées, dont l'une contenait un *B. coli* type fécal, un *Ærogenes ærobacter*, type II et un Streptocoque fécal. Dans ce cas il a fallu l'emploi combiné de deux sérums anti H correspondants. Le Streptocoque fécal étant immobile, n'a pas traversé la bougie pendant la durée de l'expérience.

Des essais pour enlever les bougies après des délais plus longs ont montré que dans tous les cas *Vibrio fœtus* franchissait seul les bougies pendant les six premières heures. Par contre, à partir de 14 à 16 h, le *B. coli* franchit toujours la bougie. Nous pensons que cette technique peut permettre, dans la très grande majorité des cas, d'isoler aisément à l'état pur *Vibrio fœtus* alors que la culture est contaminée.

Dans un cas la culture a été positive dans le liquide amniotique, le liquide gastrique, le sang du cœur et le cerveau.

Dans les trois autres cas un seul prélèvement a donné une culture : une fois le liquide amniotique, une fois le liquide gastrique et une fois le cerveau.

Les quatre souches ont un aspect morphologique typique : vibrions de 2 à 3 μ de long, ou formes en S, et ne prennent pas le Gram.

Le pouvoir pathogène et les études sérologiques sont actuellement en cours.

Malgré le nombre restreint des embryons que nous avons pu étudier, la présence de *V. fœtus* dans cinq cas, soit près de la moitié du nombre total, provenant tous d'étables différentes, semble apporter une confirmation du travail de H. Jacotot, J. Gallut et A. Vallée sur l'importance de cette affection pour l'espèce bovine en France.

Tous les auteurs qui ont étudié cette affection ont noté la nécessité d'obtenir la culture pure d'emblée en raison de l'extrême difficulté pour purifier ce germe de faible vitalité. Nous pensons que la technique décrite ci-dessus permettra d'obtenir désormais en plus grand nombre les souches nécessaires pour l'étude antigénique et l'isolement du germe chez les taureaux infectés, selon les recommandations faites par l'Office international des Épizooties au cours de sa dernière session.

PÉDOLOGIE. — *Synthèse de quelques phyllites nickelifères.* Note de M[lle] **Simone Caillère**, MM. **Stéphane Hénin** et **Jacques Esquevin**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Il a été établi précédemment (1) que l'on pouvait préparer des antigorites magnésiennes par ébullition d'une solution mixte de chlorure de magnésium, de calcium et de sodium dans un ballon de verre Pyrex.

Dans ces conditions la silice est empruntée au verre du ballon. Au cours de l'expérience le pH s'abaisse et la synthèse tend alors à s'arrêter. L'addition de soude augmente la vitesse de la réaction mais n'élève pratiquement pas le pH.

Nous avons cherché à préparer des antigorites nickélifères par le même procédé mais en faisant varier différents facteurs de manière à préciser le rôle de chacun d'eux.

Les conditions d'une première série d'expériences sont résumées dans le tableau ci-après.

Nous constatons que dans le cas le plus complexe correspondant à la synthèse de l'antigorite magnésienne les résultats sont relativement constants. Toutefois en l'absence de chlorure de magnésium l'antigorite nickélifère recueillie n'est pas pure.

En présence de chlorure de sodium seul on obtient également de l'antigorite, mais pour des concentrations de l'ordre de 200 g/l le produit est toujours mélangé à des impuretés dont l'hydroxyde de nickel, qui d'ailleurs se forme

(1) S. Hénin et O. Robichet, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2554.

toujours au début de l'expérience. Il en est de même avec des concentrations plus faibles en ClNa mais la période de formation de l'hydroxyde est très courte et les antigorites mieux cristallisées.

Condition de préparation des antigorites nickélifères à l'ébullition par attaque du verre.

(pH$_6$ environ ; 2 gr d'acétate de nickel par litre.)

Électrolytes.	Concentrations (g/l).					
Cl_2Ca	2,5	2,5	2,5	–	–	–
Cl_2Mg	0,5	0,5	–	–	–	–
ClNa	50	150	50	50	100	200
Nature des produits formés.	antigorite	antigorite	antigorites + ?	1 jour hydroxyde Ni 7 jours antigorite 20 jours antigorite	1 jour hydroxyde Ni 7 jours antigorite 20 jours antigorite	1 jour ? 7 jours hydroxyde Ni + ? 20 jours hydroxyde Ni + antigorite

Le point d'interrogation correspond à la présence d'un même produit assez mal cristallisé qui n'a pas été identifié.

Enfin dans une autre série d'expériences, l'acétate de nickel employé seul donne un mélange d'antigorite et d'hydroxyde de nickel.

Il faut remarquer que le pH se fixe généralement aux environs de 6 mais la synthèse a encore lieu quoique plus lentement à pH — 5,8.

Ces résultats montrent qu'il est possible de préparer une antigorite nickélifère dans les mêmes conditions que l'antigorite magnésienne. Dans la première phase de la préparation il se forme un hydroxyde de nickel. Ce fait confirme une hypothèse émise antérieurement ([2]), ([3]) dans laquelle nous supposions que la genèse des phyllites s'effectue par fixation de silice sur un feuillet d'hydroxyde.

Dans toutes ces expériences on introduit une masse assez importante de nickel. Nous avons réalisé alors un autre essai dans lequel l'acétate de nickel arrivait goutte à goutte dans une solution de ClNa à 100 g/l, maintenue à l'ébullition dans le ballon. Il est alors relativement facile de régler le pH en introduisant de petites quantités de soude. Cette méthode a conduit à la préparation d'un mélange d'antigorite et de montmorillonite au voisinage de pH — 6 puis de montmorillonite seule à partir de pH — 7.

Ce dernier essai est particulièrement démonstratif puisqu'il nous permet

([2]) S. Caillère, S. Henin et J. Esquevin, *Bull. Soc. Fr. Min. et Crist.*, 76, 1953, p. 300-314.

([3]) S. Caillère, A. Oberlin et S. Henin, *Résumé des communications 3e Congrès International de l'Union de Cristallographie*, Paris, 1954, p. 73.

d'obtenir par le même procédé des feuillets à une ou deux couches de silice. Il semble que le facteur qui règle l'apparition de l'un ou de l'autre de ces types de minéraux soit la vitesse de mise en solution de la silice par rapport à la vitesse de précipitation de l'hydroxyde. Le rôle du pH serait alors de régler la vitesse relative de ces deux phénomènes.

NEUROPHYSIOLOGIE. — *Réponse de la cellule nerveuse du ganglion abdominal de* Aplysia depilans *à la stimulation directe intra-cellulaire.* Note de M. Ladislav Tauc, présentée par M. Robert Courrier.

Deux microélectrodes ont été introduites à l'intérieur d'une cellule nerveuse d'un ganglion d'Aplysie. En appliquant à l'une des électrodes une tension positive, on stimule la cellule. La réponse recueillie sur l'autre électrode, est selon les cas, un potentiel d'action classique, simple ou répété, ou une série d'oscillations amorties. L'inversion du courant révèle un certain effet rectificateur du système.

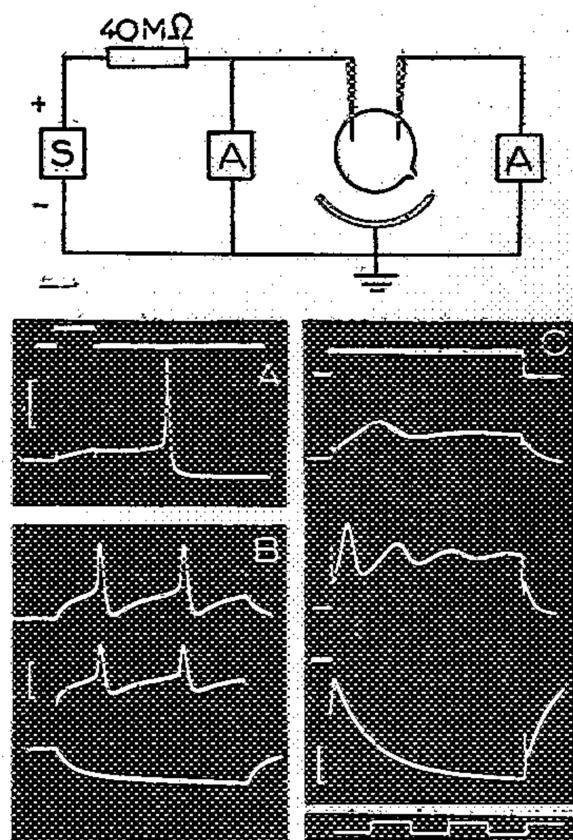
Les cellules nerveuses du ganglion abdominal de *Aplysia depilans* offrent, par leur grosseur exceptionnelle (diamètres atteignant 400-800 μ), des conditions extrêmement favorables pour les études de bioélectricité cellulaire. Cette préparation, introduite en électrophysiologie par A. Arvanitaki et H. Cardot (1941) [1], présente souvent une activité rythmique spontanée; elle se prête aussi à des investigations sur la transmission synaptique. C'est uniquement de l'excitabilité *directe* de cellules ne présentant pas d'auto-activité que nous nous occuperons ici. Nous n'avons pas réussi à mettre en jeu cette excitabilité directe avec des électrodes stimulatrices externes; mais, profitant de la grosseur des cellules, nous avons introduit à l'intérieur des plus grosses d'entre elles outre une microélectrode réceptrice, une seconde électrode semblable servant de stimulatrice différenciée, et il a été possible ainsi d'agir de façon bien déterminée sur le potentiel de membrane de la cellule et d'obtenir des effets parfaitement répétables.

Techniques. — Après la section soigneuse du tissu conjonctif recouvrant le ganglion abdominal isolé, on dispose d'une préparation montrant, sous une loupe binoculaire, un amas compact de cellules nerveuses absolument intactes et pouvant survivre dans l'eau de mer à la température du laboratoire pendant environ 24 h. On introduit dans une de ces cellules, sous contrôle visuel direct, deux microélectrodes capillaires d'un diamètre terminal de 1 μ environ. La résistance de telles électrodes est d'environ 10 MΩ. Si on le désire, il est possible d'utiliser l'une des électrodes à la fois comme réceptrice et stimulatrice (on intercale alors une très forte résistance, soit 40 MΩ sur la connexion qui va du stimulateur à

(1) *Bull. Histol.*, 18, 1941, p. 133.

l'électrode, voir *fig.*). Une électrode indifférente commune était placée en contact avec le milieu extérieur.

Résultats. — La pénétration de l'électrode à l'intérieur de la cellule fait apparaître un potentiel de repos de l'ordre de 40-60 mV qui se maintient à cette valeur pendant toute la durée de l'expérience.



Réponses d'une cellule nerveuse d'Aplysie à un stimulus appliqué par une électrode intra-cellulaire. En haut, schéma du montage et emplacement des microélectrodes (S, stimulateur, A, amplificateurs.) Enregistrements : A, Stimulus de 20 ms, 0,02 μA (positivité intérieure); B, Stimulus de 100 ms, 0,03 μA. Deux tracés simultanés, le second provenant de l'électrode stimulatrice. Tracé inférieur, même intensité, négativité intérieure; C, Cellule peu excitable. De haut en bas, successivement : tracé indiquant la durée du courant, réponse à 0,17 μA, réponse à 0,6 μA, déflexion provoquée par un courant de sens inverse. (Temps : 20 ms. Étalonnage en tensions : 50 mV).

En appliquant pendant une durée brève (20 ms par exemple) une tension positive suffisante à l'une des deux électrodes qui se trouvent à l'intérieur de la cellule, on provoque l'apparition d'un potentiel d'action après un temps de latence variable suivant l'intensité du stimulus (quelques millisecondes à plus de 150 ms). L'amplitude est de l'ordre de 80-120 mV (doublage approximatif du potentiel de repos, *fig.* A). Le choc négatif ne donne pas de réponse.

Un stimulus de longue durée (100 ms par exemple) donne lieu, suivant l'intensité, soit à une réponse simple, soit à une réponse multiple (*fig.* B). Un courant de l'ordre du centième de microampère suffit à provoquer une réponse. Le temps de latence peut atteindre dans ces cas 0,2-0,3 s. Un courant de sens inverse (cathode intérieure) est inefficace : on enregistre seulement la manifestation purement physique de la capacité et de la polarisation du système.

Il arrive parfois que des cellules, ayant une faible excitabilité, exigent

une tension continue 5 à 10 fois plus élevée que dans le cas précédent pour donner une réponse. Dans ces conditions, celle-ci prend la forme d'oscillations amorties, d'autant plus nombreuses que la dépolarisation est plus forte (*fig.* C). Remarquons l'effet rectificateur produit par la membrane.

Ces modalités diverses de réactivité d'une même cellule sont très semblables, à l'échelle des temps près, à celles que d'autres auteurs ont mises en évidence sur les axones géants de Seiche ou de Calmar, seules préparations jusqu'ici auxquelles on avait pu appliquer un procédé de stimulation intra-cellulaire (Marmont, 1949; Cole, 1949; Hodgkin et Huxley, 1952) (²).

ENDOCRINOLOGIE. — *Influence d'un extrait de thymus hautement purifié sur la teneur de la surrénale du Cobaye en vitamine* C. Note de M. JEAN COMSA et Mˡˡᵉ HÉLÈNE LEROUX, présentée par M. Antoine Lacassagne.

L'administration de la préparation purifiée de thymus de Bezssonoff et Comsa aboutit chez le Cobaye à une élévation notable du taux de la vitamine C dans la surrénale. Ceci peut être considéré comme un indice de la mise au repos de la corticosurrénale dans ces conditions.

Le taux de la vitamine C dans la surrénale est un indice valable pour l'appréciation de l'activité de cette glande. Il est acquis que toutes les influences qui aboutissent à la stimulation de la corticosurrénale abaissent ce taux. Parmi les hormones, ceci a été montré pour la thyroxine (¹) et pour l'hormone thyréotrope (²) et l'hormone corticotrope (³) de l'hypophyse.

L'étude de l'influence du thymus sur la teneur de la surrénale en vitamine C a été jugée intéressante car il est connu, que l'extrait de thymus (de Bezssonoff et Comsa) a une action opposée à celle de la thyroxine (⁴) et à celle de l'hormone thyréotrope (⁵).

Expérience. — 28 cobayes mâles, pesant au début de l'expérience 180 ± 10 g ont reçu pendant des intervalles de 5 à 110 jours des injections quotidiennes d'extrait de thymus de Bezssonoff et Comsa [*voir* préparation et titration dans (⁴)] à raison de 100 unités-cobaye par 100 g de poids vif et 24 h. Les animaux ont été nourris de fourrage vert, d'avoine et de foin à volonté. Ils ont

(²) G. MARMONT, *J. Cell. comp. Physiol.*, 34, 1949, p. 351; K. S. COLE, *Arch. Sc. Physiol.*, 3, 1949, p. 253; A. L. HODGKIN et A. F. HUXLEY, *J. Physiol.*, 116, 1952, p. 424.

(¹) C. OEHME, *Naunyn-Schmiedebergs Arch.*, 184, 1937, p. 558.

(²) A. JORES et W. BOECKER, *Zsch. f. exp. Med.*, 100, 1937, p. 285.

(³) G. SAYERS, M. A. SAYERS, H. L. LEWIS et C. N. H. LONG, *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 55, 1944, p. 239.

(⁴) J. COMSA, *Amer. j. of physiol.*, 166, 1951, p. 550.

(⁵) J. COMSA, *Nature* (London), 1954 (sous presse).

été autopsiés par groupes de 4 et le taux de la vitamine C a été déterminé individuellement dans leur surrénale d'après la méthode de Roe ([6]).

Voici les résultats de cette détermination.

Durée de l'expérience (jours)....	5.	10.	16.	27.	49.	80.	110.
Vitamine C de la surrénale (mg % frais)...........	186	194	206	164	170	159	120
	193	200	219	183	195	199	141
	202	208	236	210	210	196	170
	223	230	263	243	251	200	185
Moyenne arithmétique......	201	208	234	200	204	186	154

Chez dix cobayes mâles normaux, du même élevage consanguin la teneur de la surrénale en vitamine C a été de $123 \pm 5,46$ mg pour 100 g de glande fraîche.

On peut conclure que des injections répétées de l'extrait de thymus de Bezssonoff et Comsa à des doses non physiologiques aboutissent chez le Cobaye à une élévation significative du taux de la vitamine C de la surrénale. Le niveau maximum de cette augmentation a été trouvé au bout de 16 injections quotidiennes de thymus. Elle décroît ensuite et cesse au bout de plus de 80 et moins de 110 jours de traitement. L'efficacité de l'extrait de thymus dans cette expérience semble donc diminuer dans les expériences à long terme (une observation analogue au sujet de l'influence de ce même extrait sur la croissance du Cobaye a été signalée ailleurs) ([7]).

Dans cette expérience, l'action de l'extrait de thymus a donc été de sens opposé à celle de la thyroxine, de l'hormone thyréotrope et l'hormone corticotrope.

Il semble licite de supposer que le traitement par l'extrait de thymus à des doses élevées ([8]) aboutit à la mise au repos de la corticosurrénale. Des recherches sont en cours en vue d'élucider le mécanisme de cette action.

ÉCOLOGIE. — *La consommation d'oxygène de quelques* Gammaridæ. Note de Mlle **Doria Troïani**, présentée par M. Maurice Caullery.

La présente Note résume les principaux résultats des recherches que nous avons poursuivies sur le métabolisme respiratoire de Gammares et de *Niphargus* de diverses provenances et sur les variations de ce métabolisme sous l'influence de différents facteurs ([1]).

([6]) J. H. Roe et C. A. Kuether, *J. Biol. Chem.*, 147, 1943, p. 399.

([7]) J. Comsa, *J. Physiol. comp. et œcol.*, 4, 1954, p. 199.

([8]) 100 unités-cobaye par 100 g de poids vif et par jour représentent 25 fois la dose nécessaire pour supprimer les conséquences de l'extirpation du thymus chez le Cobaye.

([1]) *Diplôme d'Études supérieures de Sciences naturelles* (Lyon, 1954), à paraître dans les *Annales de l'Université de Lyon*.

Nos échantillons de *Gammarus pulex* L. proviennent de la région lyonnaise (Rhône à Lyon, galeries souterraines de la Croix-Rousse, ruisseau du Mornantet, ruisseau d'Amby), des environs de Chambéry (Albane) et d'Annecy (Biollon). Les exemplaires de *Niphargus orcinus virei* Chevreux ont été récoltés dans la grotte de Corveissiat dans le Jura. Les *Niphargus longicaudatus rheno-rhodanensis* viennent de la grotte de la Balme (Isère).

Les expériences ont été conduites en milieu confiné. La teneur en oxygène est déterminée dans les vases à respiration, au début et à la fin de chaque expérience, par la méthode de Winckler. La différence entre les deux chiffres représente l'oxygène consommé par les animaux.

1. Pour *Gammarus pulex* L., la valeur moyenne de la consommation d'oxygène ramenée au gramme sec d'animal et à l'heure est de l'ordre de 1350 mm^3 vers 10° C, sans que des différences significatives puissent être constatées entre les variétés *G. pulex pulex* L. et *G. pulex fossarum* K. ou entre les populations de diverses provenances.

2. L'intensité du métabolisme respiratoire croît avec la température. La température léthale se situe aux environs de 30° C.

3. La tension de l'oxygène dissous n'influence pas le métabolisme respiratoire tant que la teneur en oxygène ne descend pas au-dessous de 3 ou 4 cm^3/l; au-dessous de cette valeur l'intensité respiratoire décroît rapidement avec la tension d'oxygène.

4. La brusque exposition à la lumière détermine une augmentation du métabolisme respiratoire. A 12° C cette augmentation est de l'ordre de 15 %; elle est plus marquée pour des sujets provenant d'une galerie souterraine obscure. Les Gammares originaires de biotopes normalement sombres ou obscurs paraissent conserver leur sensibilité à l'éclairement plus longtemps que les Gammares provenant de ruisseaux classiques.

5. A taille égale l'intensité du métabolisme respiratoire paraît être la même pour les mâles et pour les femelles. Mais, en raison de leur taille normalement plus faible que celle des mâles, les femelles montrent habituellement un métabolisme plus élevé que celui de leurs compagnons.

6. Dans la zone des températures normales, le métabolisme respiratoire des Gammares obéit à la règle des surfaces : il est proportionnel au carré de la longueur du corps. Dans la zone des températures préléthales le métabolisme devient aberrant et échappe à toute règle.

7. L'intensité du métabolisme respiratoire est plus faible chez les espèces hypogées que chez les espèces épigées. A 12° C la consommation d'oxygène de *Niphargus longicaudatus rheno-rhodanensis* est inférieure d'environ 25 % à celle de *Gammarus pulex*; celle de *Niphargus orcinus virei* l'est d'au moins 75 %.

8. L'éclairement brusque influence très fortement le métabolisme

dont l'intensité s'élève d'environ 70 % chez *N. longicaudatus rhenorhodanensis*.

9. Comme chez *Gammarus pulex*, le métabolisme respiratoire obéit chez *Niphargus orcinus virei* à la règle des surfaces et la consommation par unité de poids décroît lorsque la taille augmente.

BIOLOGIE. — *Fécondation hémocœlienne chez un Hémiptère Cimicidé dépourvu d'organe de Ribaga*. Note de M. **Jacques Carayon**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les ♀♀ de *Primicimex cavernius*, dépourvues d'organe de Ribaga, sont fécondées par injection directe du sperme dans l'hémocœle à travers le tégument abdominal. Ce processus primitif, qui existe aussi chez certains Hémiptères Anthocoridés, laisse à penser que le comportement aberrant du ♂ lors de la copulation est à l'origine des fécondations hémocœliennes des *Cimicoidea*.

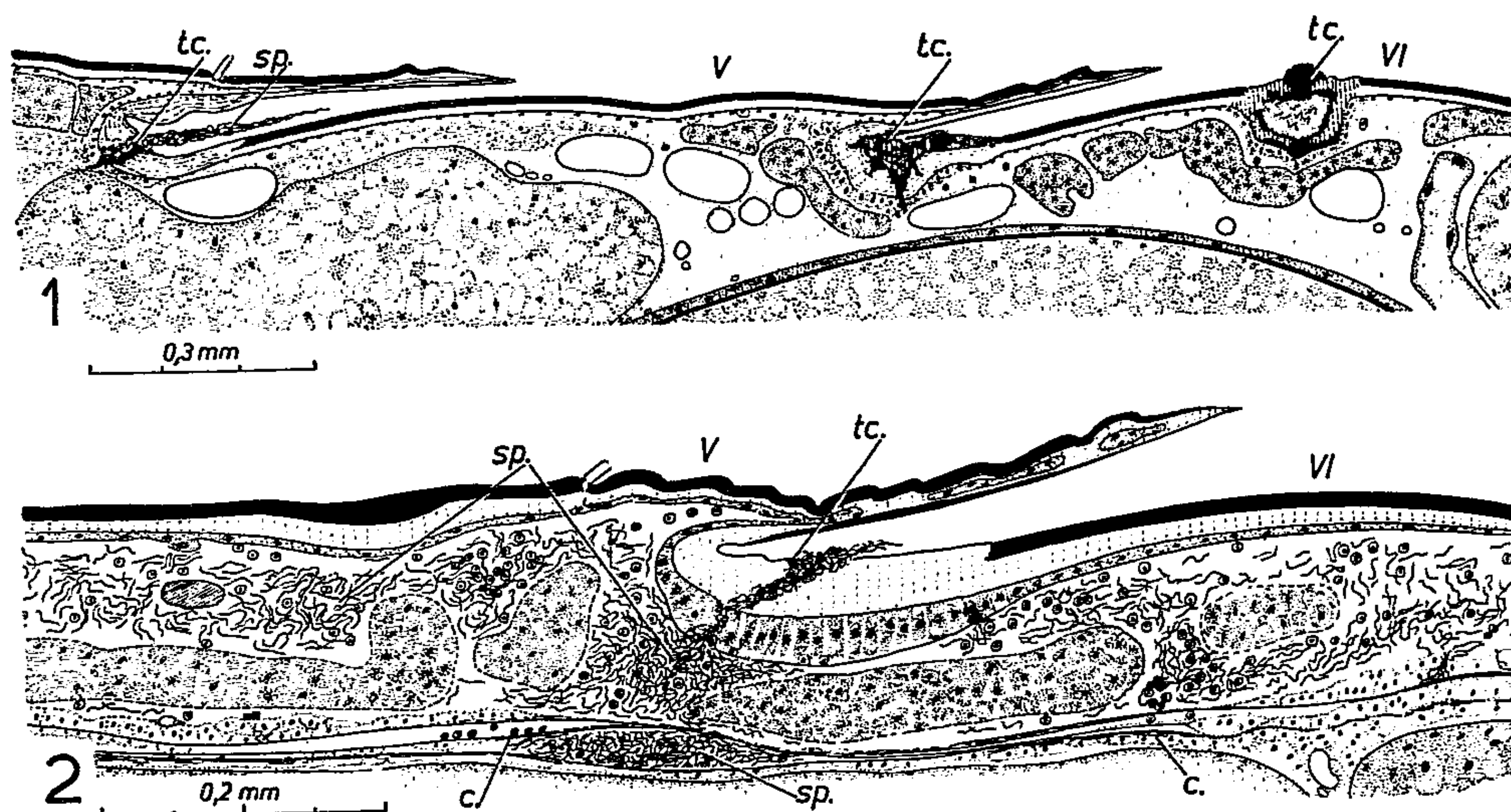
Primicimex cavernius Barber, qui vit en parasite de Chauves-souris dans des grottes du Texas, est de tous les Cimicidés connus celui qui présente les caractères morphologiques les plus primitifs. J'ai pu étudier chez lui les structures génitales et le mode de fécondation grâce à des spécimens fixés, que je dois à MM. R. L. Usinger et R. D. Lee.

Il n'y a chez les ♀♀ de *Primicimex* aucune invagination tégumentaire correspondant à l'entrée d'un organe de Ribaga, et les coupes histologiques sériées m'ont montré que — fait unique jusqu'ici chez les Cimicidés — cet organe est effectivement absent.

Lors de l'accouplement, le paramère du ♂ perfore le tégument dorso-abdominal de la ♀, et le pénis, inséré dans la gouttière du paramère, injecte le sperme directement dans l'hémocœle. Aisément repérables sur coupes histologiques, soit par les signes d'une effraction récente du tégument, soit plus tard par des cicatrices permanentes, les « traces de copulation » sont le plus souvent multiples chez les ♀♀ fécondées, et occupent des positions diverses. Elles sont situées sur la face dorsale de l'abdomen, depuis son milieu jusqu'à son bord gauche, généralement dans les membranes intersegmentaires IV-V et V-VI, plus rarement sur le tergite VI (*fig.* 1).

L'intromission de l'organe copulateur peut donc se faire dans une assez vaste région de l'abdomen. En aucun point de cette région cependant, le tégument ou les tissus sous-jacents ne présentent de différenciation histologique particulière avant l'accouplement. Après celui-ci, des modifications structurales apparaissent seulement autour des traces de copulation; elles résultent essentiellement des délabrements locaux provoqués par le paramère et des processus de cicatrisation qui s'ensuivent.

Une trace de copulation récente (*fig.* 2) est constituée par une fissure anfractueuse de la cuticule, le plus souvent occupée par une traînée de sperme; il y apparaît ensuite une masse irrégulière d'une substance brun foncé visible à l'examen macroscopique du tégument. Dissociées au point de pénétration du paramère, les cellules épidermiques sont plus ou moins hypertrophiées dans le voisinage et renferment des vacuoles, des inclusions sphériques, parfois des spermatozoïdes. L'image histologique du tégument à ce niveau rappelle alors celle d'un organe de Ribaga très simple.



Primicimex cavernius, coupes sagittales dans la région dorso-abdominale chez des ♀♀ fécondées : 1, chez une ♀ présentant plusieurs traces de copulation diversement situées; 2, chez une ♀ récemment fécondée (section médiane); *c.*, cœur; *sp.*, spermatozoïdes; *tc.*, trace de copulation.

Les coupes de ♀ ♀ fécondées depuis peu (*fig.* 2) montrent que le sperme a été injecté en grande abondance directement dans l'hémocœle entre le tégument dorsal et la région cardiaque, où des cellules péricardiales particulièrement nombreuses constituent de vastes nappes de part et d'autre du cœur. Les spermatozoïdes s'infiltrent entre les cellules péricardiales, et forment temporairement des amas denses dans la lumière même du tube cardiaque, qu'ils distendent par places. Ils se répandent à profusion par voie sanguine dans tout le corps, allant jusque dans la tête et l'extrémité des pattes. Cette spermathémie remarquablement intense semble permanente, ce qui tient sans doute à des copulations fréquemment répétées. Toutefois, comme chez la plupart des autres Cimicidés, on observe une forte concentration de spermatozoïdes dans deux vastes réservoirs différenciés à la base des oviductes. Toute la paroi des voies génitales, y compris les pédicules des ovarioles, est envahie par de très nombreux spermatozoïdes infiltrés principalement entre les fibres

de la tunique musculaire. Les œufs sont fécondés précocement dans le vitellarium et y commencent leur développement embryonnaire.

Le sang des ♀ ♀ fécondées est fort riche en hémocytes, qui sont surtout nombreux au milieu des amas de spermatozoïdes, dont ils résorbent une partie; une résorption légère s'observe également dans d'autres endroits, et en particulier dans les réservoirs spermatiques, mais ce phénomène dans l'ensemble paraît discret en regard de l'intensité avec laquelle l'organisme des ♀ ♀ est envahi par les spermatozoïdes.

Le mode de fécondation de *Primicimex* est de beaucoup le plus primitif de ceux connus chez les Cimicidés. Il appartient à un type simple, dont j'ai constaté l'existence également chez certains Hémiptères Anthocoridés, notamment chez *Xylocoris flavipes* (Reuter). Les processus de ce type, réalisés en l'absence chez les ♀ ♀ de différenciations correspondant à l'organe de Ribaga, ont l'intérêt d'indiquer que le comportement aberrant des ♂ ♂ lors de la copulation est vraisemblablement à l'origine des fécondations hémocœliennes chez les Hémiptères *Cimicoidea*.

RADIOBIOLOGIE. — *Inhibition de la radiosynthèse par les accepteurs d'oxygène.* Note de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

L'addition d'accepteurs d'oxygène dans une solution irradiée inhibe la radiosynthèse. Pour une faible concentration d'accepteurs, l'expérience révèle l'existence d'une organisation particulière des molécules de l'accepteur autour des molécules réagissantes.

L'intervention directe de l'oxygène au moment de la radiosynthèse (1) implique que l'introduction d'accepteurs d'oxygène dans la solution irradiée doit dévier sur l'accepteur l'oxygène radioactivé et inhiber par conséquent le phénomène (2).

Il suffit, en opérant comme précédemment, d'ajouter au milieu irradié, un accepteur, à la concentration de 2 %, pour constater que l'acide ascorbique et la cystéine inhibent toute radiosynthèse. Les *o*, *m*, *p*-diphénols, les acides pyruvique, maléïque et fumarique la ralentissent considérablement (3). La thio-urée est très active, mais seulement en milieu acide (tableau).

---

(1) J. Loiseleur et Mlle L. Catinot, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1436.

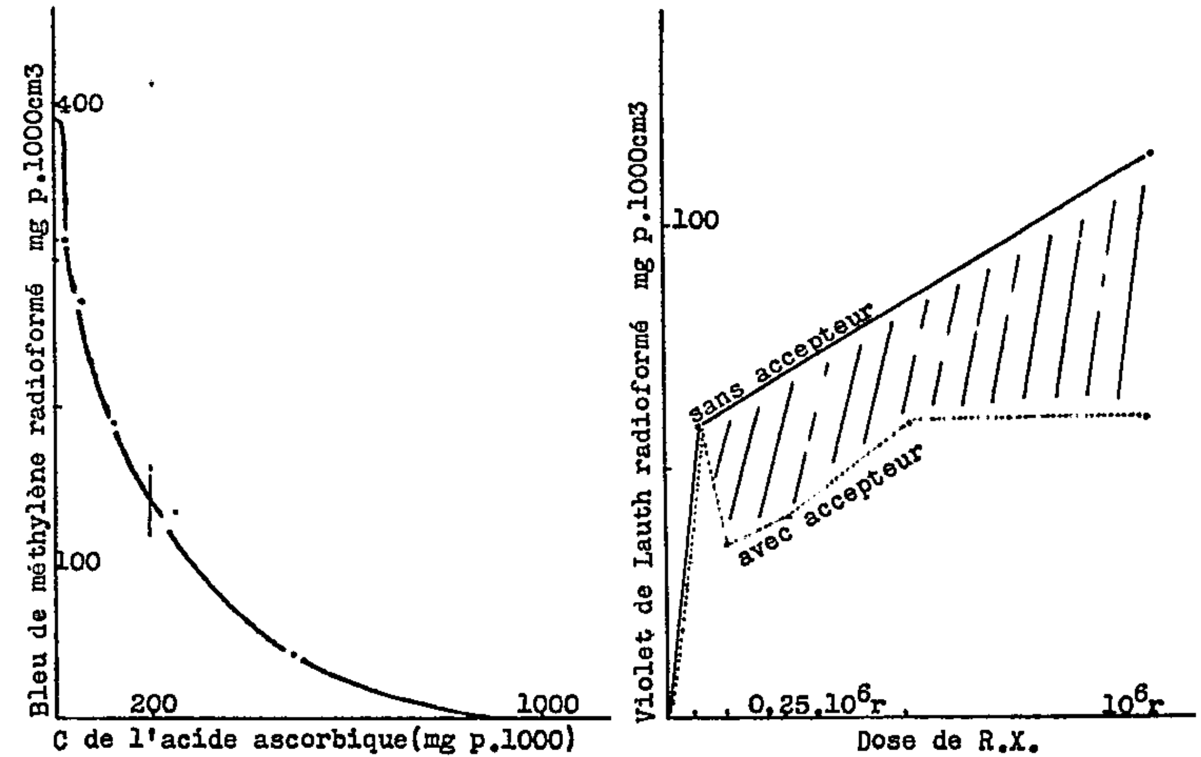
(2) Cette action des accepteurs d'oxygène est identique à celle qu'ils exercent sur la radio-oxydation, par exemple dans l'action protectrice du sulfate ferreux contre la radiotransformation de la strychnine en génostrychnine (J. Loiseleur et G. Velley, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 784).

(3) Bien entendu, les dérivés oxydés de ces accepteurs (quinone, *a*-succinique ou malique) sont inefficaces.

Actions des accepteurs d'oxygène sur la radiosynthèse.

Accepteur expérimenté.	Radiosynthèse du bleu de méthylène par les U. S. dans HCl N/20.	Radiosynthèse du violet de Lauth par les R. X. à pH = 7.
Témoin	Bleu foncé	Violet foncé
Acide ascorbique	Incolore	Incolore
Cystéine	»	»
Thiourée	»	*Violet foncé*
Résorcine	Mauve léger	Violet léger
Pyrogallol	»	»
Hydroquinone	»	»
Acide pyruvique	A peine teinté	A peine teinté
Acide maléïque	Bleu léger	Rose léger
Acide fumarique	»	Violet léger

L'action inhibitrice est proportionnelle à la concentration de l'accepteur : déjà manifeste avec une dose très faible ([4]), elle augmente rapidement jusqu'à devenir totale. L'ensemble de l'expérience figure une courbe en S (courbe 1), résultat prévisible puisque, pour les concentrations extrêmes, les tangentes sont horirontales.



Courbe 1 : Radiosynthèse du bleu de méthylène en présence de concentrations croissantes d'acide ascorbique par les R. X. (250 000 r) et à pH = 7. *Courbe* 2 : Action d'une faible dose d'acide ascorbique sur la radiosynthèse du bleu de méthylène en fonction de l'administration d'une dose croissante de R. X. Après une courte période d'induction où l'accepteur est inactif, la radiosynthèse est stabilisée.

([4]) La faible concentration, dès laquelle l'accepteur manifeste son action, permet de différencier, d'une part, l'inhibition exercée par l'accepteur au moment même de la radiosynthèse et, d'autre part, la réduction qui pourrait, dans certains cas, transformer le colorant en leucodérivé. D'ailleurs, l'inhibition reste la même dans la synthèse du noir d'aniline, ce qui élimine la prise en considération de leucodérivés.

Les faibles concentrations qui s'échelonnent le long de la courbe en S font apparaître une organisation particulière des molécules dans la solution. En effet, tandis qu'à concentration élevée l'accepteur agit instantanément et totalement, son action n'est plus instantanée pour les faibles concentrations et exige, au contraire, une certaine période d'induction pendant laquelle il reste inefficace. Administrons, par exemple, une dose croissante de rayons X à un mélange de *p*-phénylènediamine et de H_2S (molécules réagissantes) et d'acide ascorbique, dans laquelle le nombre des molécules d'accepteur soit 100 fois plus petit que celui des molécules réagissantes. Pour le début de l'expérience (courbe 2), on enregistre une égale formation de colorant, en présence ou en l'absence de l'accepteur ; puis, à partir de cette phase négative initiale et à mesure de l'irradiation croissante, la solution additionnée d'accepteur reste stabilisée, tandis que le témoin (sans accepteur) présente une synthèse progressive. De plus, l'importance et la durée de cette phase négative est inversement proportionnelle à la concentration de l'accepteur. Or, cette période d'induction correspond nécessairement à la durée requise pour un arrangement réciproque de l'accepteur et des molécules réagissantes, c'est-à-dire à l'organisation d'une structure liquide. Il est tentant de rattacher l'organisation de cette structure au changement de polarité des molécules consécutif à un certain degré d'oxydation : pendant cette période, l'accepteur s'est intercalé, dans un ordre défini, entre les molécules réagissantes et avec une vitesse proportionnelle à sa concentration.

Quoi qu'il en soit de cette hypothèse, l'expérience montre que la phase négative (c'est-à-dire l'organisation de l'accepteur) est d'autant plus réduite que la concentration respective de l'accepteur est plus élevée. Dès que le nombre des molécules de l'accepteur atteint environ le 1/10e des molécules réagissantes, l'organisation de l'accepteur est réalisée d'emblée, et l'inhibition devient totale dès le début de l'irradiation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le calcium comme oligo-élément indispensable pour* Neurospora crassa. Note de MM. **Georges Castel** et **Didier Bertrand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Confirmant et étendant les expériences de Steinberg [2], le calcium a été trouvé comme oligo-élément indispensable pour *Neurospora crassa*.

De nombreux travaux ont été consacrés à l'étude des besoins en éléments minéraux des Champignons filamenteux. A la fin du siècle dernier O. Loew nie la nécessité du calcium pour ces espèces, mais Mlle Robert (1912) a montré que s'il était nécessaire pour l'*Aspergillus niger* ce ne pouvait être qu'à la dose de quelques milligrammes par litre.

Depuis la question de savoir si le calcium est indispensable ou non à la croissance de ces organismes n'a pas reçu de réponse plus nette. Les opinions

à ce sujet sont même très divergentes, comme le montre l'abondante bibliographie que l'on trouvera dans le travail de Mann (1). Pour les uns, le calcium n'est pas nécessaire à la croissance; pour les autres, il est utile, mais non indispensable. Puis R. A. Steinberg (2), plus tard, observe par contre que les thalles de *Rhizoctonia solani* cultivé sur un milieu qu'il pense être exempt de calcium, présentent une baisse de poids de 81 % par rapport à ceux cultivés sur le même milieu additionné de 2 à 6 mg de calcium au litre. De la même manière, K. Ødegard (3) a relevé une perte de poids variant de 10 à 50 % chez *Phycomyces blackesleeanus*. Les méthodes employées par différents auteurs sont parfois criticables. C'est ainsi que le fait d'ajouter de l'oxalate de sodium à un milieu de culture ne suffit pas pour le débarrasser complètement du calcium qu'il contient. L'oxalate de calcium formé dans ces conditions n'est pas entièrement insoluble et il peut rester plusieurs milligrammes de calcium par litre de milieu. Steinberg (2), quoique utilisant un milieu de culture paraissant présenter un grand état de pureté, a relevé à l'analyse spectrographique la présence de traces de calcium dans les sels utilisés, traces qui peuvent être tenues pour responsables de la croissance partielle obtenue avec *Rhizoctonia solani*. D'autre part, étant données les quantités relativement grandes de calcium qu'il faut ajouter au milieu pour obtenir une croissance normale, il est possible que cette action soit en fait due à des impuretés. Steinberg n'a pas fait de démonstration à ce sujet rendant ses conclusions contestables. Cet auteur trouve encore que le strontium peut, dans une certaine mesure, remplacer le calcium; mais le strontium qu'il utilise contient aussi des traces de calcium qui peuvent être le véritable agent de la croissance observée.

Actuellement sans qu'aucune raison scientifique en vienne montrer la nécessité, on a l'habitude de mettre de 100 mg à 25 g de chlorure de calcium par litre de milieu de culture. Aussi avons-nous repris ces expériences avec *Neurospora crassa*. Quatre souches ont été utilisées : la souche dite « sauvage » A; les souches dites « thiaminless » n°s 10 333 et 18 558 A et enfin une souche incapable de synthétiser l'acide para-amino-benzoïque. Les milieux utilisés furent soit celui de R. A. Steinberg (4), soit surtout un milieu inédit de Schopfer [glucose : 15 g; tartrate d'ammonium : 5 g; nitrate d'ammonium : 1 g; phosphate monopotassique : 2,5 g; sulfate de magnésium à 7 mol d'eau : 0,5 g; chlorure de sodium : 0,1 g (chlorure de calcium : 0,1 g); chlorure ferrique : 5 mg; sulfate de zinc à 7 mol d'eau :

(1) *Bull. Torrey Bot. Club*, 59, 1932, p. 443-490.
(2) *Science*, 107, 1948, p. 423.
(3) *Physiologia Plantarum*, 5, 1952, p. 583.
(4) *J. Agr. Research*, 55, 1937, p. 891.

2 mg; biotine : 2 μg; eau distillée : 1 000 ml)]. Pour les souches mutantes, on ajoute 20 μg/l d'aneurine ou 40 gμ d'acide para-amino-benzoïque suivant le cas. Les cultures sont effectuées dans des fioles de Fourneau en verre Pyrex de 125 ml, chaque fiole contenant 20 ml de milieu. La durée de croissance est de huit jours à 22° C environ. Les milieux sont constitués par des sels dits « pour analyse » et par de l'eau bidistillée sous vide dans un appareil en verre Pyrex. D'après des essais spectrographiques il ne semble ainsi rester au plus que 50 μg de calcium par litre de milieu. Les thalles sont récoltés, séchés à l'étuve à 105° C pendant 12 h et pesés. De nombreuses expériences ont été faites ([5]) qui sont toutes concordantes et dont nous résumerons seulement les résultats :

1° Il faut de 2 à 5 mg au litre de calcium pour obtenir une croissance normale du champignon. Dans le cas de la souche « thiaminless » n° 10 333, le champignon est déjà sensible à la présence de 100 μg/l de milieu. Lorsqu'on n'ajoute pas de chlorure de calcium, la perte de poids peut atteindre plus de 94 % (4 mg sans chlorure de calcium; 79,3 mg avec chlorure).

2° Dans ces conditions, nous avons cherché à opérer avec du chlorure de calcium purissime obtenu à partir du calcium métallique le plus pur connu ([6]) ne contenant que quelques microgrammes d'impuretés par kilogramme de métal et d'acide chlorhydrique purifié suivant la technique de Gabriel Bertrand. A titre de contrôle des expériences ont été faites en remplaçant le chlorure de calcium pur par du chlorure d'ammonium fait à partir du même acide chlorhydrique et d'ammoniaque purifiée suivant une technique voisine. On retrouve les mêmes résultats que ci-dessus avec le chlorure de calcium purissime alors que le chlorure d'ammonium n'agit pas, prouvant de la façon la plus nette qu'il ne s'agit pas d'impuretés provenant de l'acide chlorhydrique ou du métal et que c'est bien le calcium qui est actif.

3° Le lithium, le baryum, le glucinium, le vanadium et le titane n'ont aucune action lorsqu'ils sont mis à la place du calcium. Le strontium a, par contre, un effet quoiqu'environ moitié de celui du calcium. Toutefois, la spectrographie y révèle la présence de calcium en quantités un peu plus fortes que dans les autres sels.

4° D'après les contrôles, il ne s'agit pas d'un effet tampon ou de variations de pH du milieu.

En conclusion. — *a.* Le calcium est indispensable à la croissance de différentes souches de *Neurospora crassa*.

b. Son action est spécifique, son remplacement partiel par le strontium étant sujet à caution.

([5]) Ces expériences seront publiées plus en détail dans une autre publication.

([6]) Provenant de M. le Professeur Hackspill.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Facteurs de croissance et produits secondaires de la fermentation alcoolique*. Note (*) de MM. **Jean Ribéreau-Gayon**, **Émile Peynaud** et Mlle **Madeleine Lafon**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

En expérimentant sur milieu liquide synthétique complet, contenant tous les facteurs de croissance de la levure aux doses optima, et sur le même milieu privé d'un seul facteur de croissance, nous avons pu mettre en évidence une relation entre certains de ces facteurs et les taux des produits secondaires formés par la levure dans la fermentation anaérobie du sucre. Ces faits ont été d'abord observés avec *Saccharomyces ellipsoïdeus*, puis sur des souches de 23 espèces différentes de levures auxo-autotrophes, appartenant aux genres Saccharomyces, Saccaromycodes, Torulopsis, Pichia et Hansenula. Ces levures se développent en milieu dépourvu d'acide pantothénique, de thiamine, de pyridoxine, d'acide nicotinique, de biotine et de mésoinositol ([1]); sans doute leur multiplication est lente dans ces conditions, la fermentation du sucre est retardée, mais finalement la quantité de sucre fermenté est peu différente.

Nous avons dosé dans les liquides ainsi fermentés les produits issus de la fermentation glycéropyruvique, qui est à l'origine des produits secondaires de la fermentation alcoolique : d'une part glycérol, d'autre part acide acétique, acide succinique, acétoïne et 2.3-butanediol. Le tableau résume les résultats obtenus dans la fermentation de 182 g de sucre par *Saccharomyces ellipsoïdeus;* les chiffres sont des millimolécules par litre.

	Glycérol.	Acide acétique.	Acide succinique.	Acétoïne.	2.3-butanediol.
Témoin (avec tous les facteurs de croissance)	80	8,1	6,3	2,9	7,3
Sans facteurs de croissance	67	22,5	4,2	0,4	7,3
» acide pantothénique	101	23,1	5,7	0,6	11,0
» thiamine	71	6,5	6,3	0,2	2,9
» pyridoxine	59	8,1	4,5	0,2	6,5
» biotine	61	9,0	4,2	0,6	7,6
» mésoinositol	69	8,7	4,1	1,0	7,7
» acide nicotinique	74	6,9	5,7	2,0	8,4
» » *p*-aminobenzoïque	72	7,6	5,7	1,5	6,8

L'acide nicotinique, l'acide *p*-aminobenzoïque n'exercent pratiquement aucune influence. Les carences en pyridoxine, biotine et mésoinositol dimi-

(*) Séance du 22 novembre 1954.

([1]) E. Peynaud et S. Lafourcade, *Xe Congrès Intern. Industries agric. et alim.*, Madrid, 1954.

nuent le taux de la fermentation glycéropyruvique et principalement le taux d'acide succinique, qui avec certaines levures peut être abaissé de 45 % (dans le cas de la biotine ou du mésoinositol).

L'absence de thiamine diminue considérablement la formation des produits butanedioliques. On peut, de plus, caractériser l'acide pyruvique à l'état de 2.4-dinitrophénylhydrazone dans les fermentations carencées en thiamine, alors que dans la fermentation témoin l'acide pyruvique est entièrement décarboxylé. La thiamine, dont l'ester pyrophosphorique constitue la cocarboxylase, est donc indispensable à la condensation butanediolique. Cette observation confirme l'hypothèse qui attribue au complexe carboxylasique le rôle principal dans cette condensation ([2]).

La carence en acide pantothénique, qui est le facteur principal de la croissance des levures, modifie profondément la formation des produits secondaires. La proportion de la fermentation glycéropyruvique (rapport du glycérol au sucre fermenté) est beaucoup plus élevée (de 20 à 40 %). Le 2.3-butanediol est augmenté et, beaucoup plus encore, l'acide acétique; son taux est en moyenne doublé. *Saccharomyces bayanus* a même donné quatre fois plus d'acide acétique en l'absence d'acide pantothénique.

On sait que l'acide pantothénique entre dans la constitution du coenzyme A, dont l'intervention est essentielle aux acétylations biologiques. Novelli et Lipmann ([3]) ont montré que la levure oxyde l'acétate plus rapidement en présence d'acide pantothénique. L'accumulation de l'acide acétique dans des fermentations carencées en ce facteur, par des levures travaillant en anaérobiose, n'avait jamais été signalée.

En résumé, les mécanismes de la formation des produits secondaires mettent en jeu divers facteurs de croissance (ces facteurs entrant comme coferments dans la composition des enzymes responsables de ces réactions). Certaines vitamines favorisent la fermentation glycéropyruvique (biotine, pyridoxine, mésoinositol), d'autres au contraire diminuent la durée de la phase d'induction de la fermentation (acide pantothénique). Enfin ces facteurs règlent l'utilisation de l'éthanal vers les divers produits secondaires : la thiamine, qui entre dans la cocarboxylase, commande la condensation acétoïnique ; l'acide pantothénique, qui entre dans le coenzyme A, commande le taux d'acide acétique.

([2]) D. E. Green, P. K. Stumpf et K. Zarudnaya, *J. Biol. Chem.*, 167, 1947, p. 811.

([3]) *J. Biol. Chem.*, 171, 1947, p. 833.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur les composés aminés non saturés. XI. Propriétés parasympathomimétiques et nicotiniques d'éthers acétyléniques à fonction ammonium quaternaire.* Note de MM. **Joseph Jacob**, **Israël Marszak**, Mlle **Simone Cruck** et M. **Jean-Pierre Guermont**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les activités parasympathomimétiques et nicotiniques des composés acétyléniques :

$$R{-}O(CH_2)_n{-}C{\equiv}C{-}CH_2N(CH_3)_3I \quad (\text{où } R{=}CH_3,\ C_2H_5 \text{ etc, et } n = 1 \text{ ou } 2)$$

et des dérivés saturés correspondants ont été étudiées et comparées entre elles. Les influences des fonctions acétylénique et éther sont différentes selon le type d'activité considéré.

Dans des Notes antérieures [1], nous avons étudié les influences qu'exerce une triple liaison sur les propriétés parasympathomimétiques et nicotiniques de composés acétyléniques porteurs d'un groupement ammonium quaternaire et, éventuellement, d'une fonction alcool ou ester.

Pour compléter nos recherches, nous avons examiné des éthers acétyléniques de formule générale :

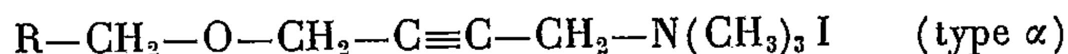


$$R{-}O(CH_2)_n{-}C{\equiv}C{-}CH_2N(CH_3)_3I \quad (\text{où } R{=}CH_3,\ C_2H_5, \text{ etc. et } n = 1 \text{ ou } 2),$$

et les éthers saturés correspondants [2].

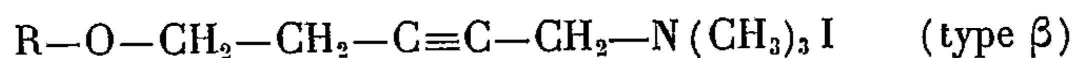
Les résultats des essais pharmacologiques sont résumés dans le tableau ci-après.

Propriétés parasympathomimétiques. — Aucun des éthers saturés n'en manifeste. Les éthers acétyléniques, par contre, en présentent de très nettes, à la seule exception du composé IV, terme supérieur des homologues étudiés. Ces éthers acétyléniques sont, d'autre part, plus actifs que les composés non oxygénés correspondants, dans lesquels un groupement —CH_2— se trouve à la place de l'atome d'oxygène; cette influence de la fonction éther se distingue de celle de la fonction alcool qui peut être défavorable [3]; des essais supplémentaires ont montré que les éthers I, II et V sont plus actifs que les ammonium-alcools dont ils dérivent; le comportement de ces éthers se rapproche ainsi de celui des esters acétyléniques. Enfin, les éthers dans lesquels l'oxygène est séparé de la fonction acétylénique par un seul groupement méthylénique :



$$R{-}CH_2{-}O{-}CH_2{-}C{\equiv}C{-}CH_2{-}N(CH_3)_3I \quad (\text{type } \alpha)$$

sont moins efficaces que leurs isomères où deux groupements méthyléniques se trouvent entre ces deux fonctions :



$$R{-}O{-}CH_2{-}CH_2{-}C{\equiv}C{-}CH_2{-}N(CH_3)_3I \quad (\text{type } \beta)$$

(1) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1289 et Notes antérieures.

(2) J. P. Guermont, *Bull. Soc. Chim.* 1953, p. 380 et *Thèse*, Université de Paris, 1954.

(3) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 530.

N°.	R.	Activités parasympathomimétiques (Block cardiaque chez le Chien). a.	b.	c.	d.	Activités nicotiniques (hypertension chez le Chien atropinisé). a.	b.	c.	d.
A. $R-O-CH_2-C\equiv C-CH_2-N(CH_3)_3I$.									
I.	CH_3	1,5	1/0	2	–	0,7	0,4	0,6	–
II.	C_2H_5	1,5	1/0	2	–	0,6	3	1	–
III.	C_3H_7	≤ 1	1/0	1,5	–	0,25	1/0	1/0	–
IV.	C_4H_9	0	0/0	0/0	–	0	0/0	0/0	–
B. $R-O-(CH_2)_2-C\equiv C-CH_2-N(CH_3)_3I$									
V.	CH_3	3	1/0	6	2	0,5	0,7	0,8	0,7
VI.	C_2H_5	$\simeq 1$	1/0	4	1,5	$\to 0$	0/0	0/0	≤ 1
C. $R-O-(CH_2)_4-N(CH_3)I$.									
VII.	CH_3	0	–	0/0	–	1,3	–	0,25	–
VIII.	C_2H_5	0	–	0/0	–	0,2	–	0,3	–
IX.	C_3H_7	0	–	0/0	–	0	–	0/0	–
X.	C_4H_9	0	–	0/0	–	0	–	0/0	–
D. $R-O-(CH_2)_5-N(CH_3)_3I$.									
XI.	CH_3	0	–	0/0	0/0	0,5	–	0,4	3
XII.	C_2H_5	0	–	0/0	0/0	0	–	0/0	0/0

a. activités par rapport à l'acétylcholine; *b*, activités par rapport au dérivé saturé correspondant; *c*, activités par rapport au composé non oxygéné correspondant, CH_2 se trouvant en place de O; *d*, activités par rapport à l'isomère où l'oxygène est séparé de l'azote par seulement quatre carbones

Propriétés nicotiniques. — Certains des éthers saturés étudiés possèdent une activité nicotinique; il en est de même pour les composés acétyléniques; parmi ces derniers, les termes II et III sont plus actifs que les dérivés saturés correspondants VIII et IX; I et V par contre, sont moins efficaces que VII et XI. La présence de l'atome d'oxygène (en place d'un groupement $-CH_2-$) n'exerce d'influence favorable que dans un seul cas (composé III). Enfin, les éthers acétyléniques du type α sont plus actifs que leurs isomères du type β; par contre, l'éther saturé VIII dans lequel 4 chaînons méthyléniques séparent l'oxygène de l'azote est moins actif que son isomère XI dans lequel le nombre de ces chaînons est de 5.

En conclusion, la fonction acétylénique en position α par rapport au groupement ammonium quaternaire exerce, ici encore, une influence favorable sur les propriétés parasympathomimétiques mais, par contre, une influence variable selon le composé en cause sur les activités nicotiniques. De façon semblable, la fonction éther, dont le rôle a déjà été étudié par d'autres

auteurs ([4]), accroît les activités parasympathomimétiques des composés acétyléniques mais modifie dans des sens différents leurs activités nicotiniques; la position de l'oxygène par rapport à la triple liaison intervient dans l'un et l'autre cas, mais de façon opposée. Ces observations nous semblent indiquer que, en plus du facteur dimensionnel sur lequel nous avons déjà insisté ([1]), ([5]), des facteurs électroniques très différents conditionnent les activités de l'un ou l'autre type. Quoi qu'il en soit, le jeu de ces influences se traduit, pour le composé VI, par l'existence d'une activité parasympathomimétique nette en l'absence presque complète de propriétés nicotiniques.

PHARMACOLOGIE. — *Sur quelques effets physiologiques de la geissospermine vraie*. Note de M. Raymond-Hamet, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Après avoir montré avec Rothlin que la geissospermine vraie (Hesse, Bertho et al., Wiesner et al.) manifeste sur l'utérus isolé de lapine une activité sympathicolytique qui n'est que 20 fois moindre que celle de la yohimbine, nous avons constaté :

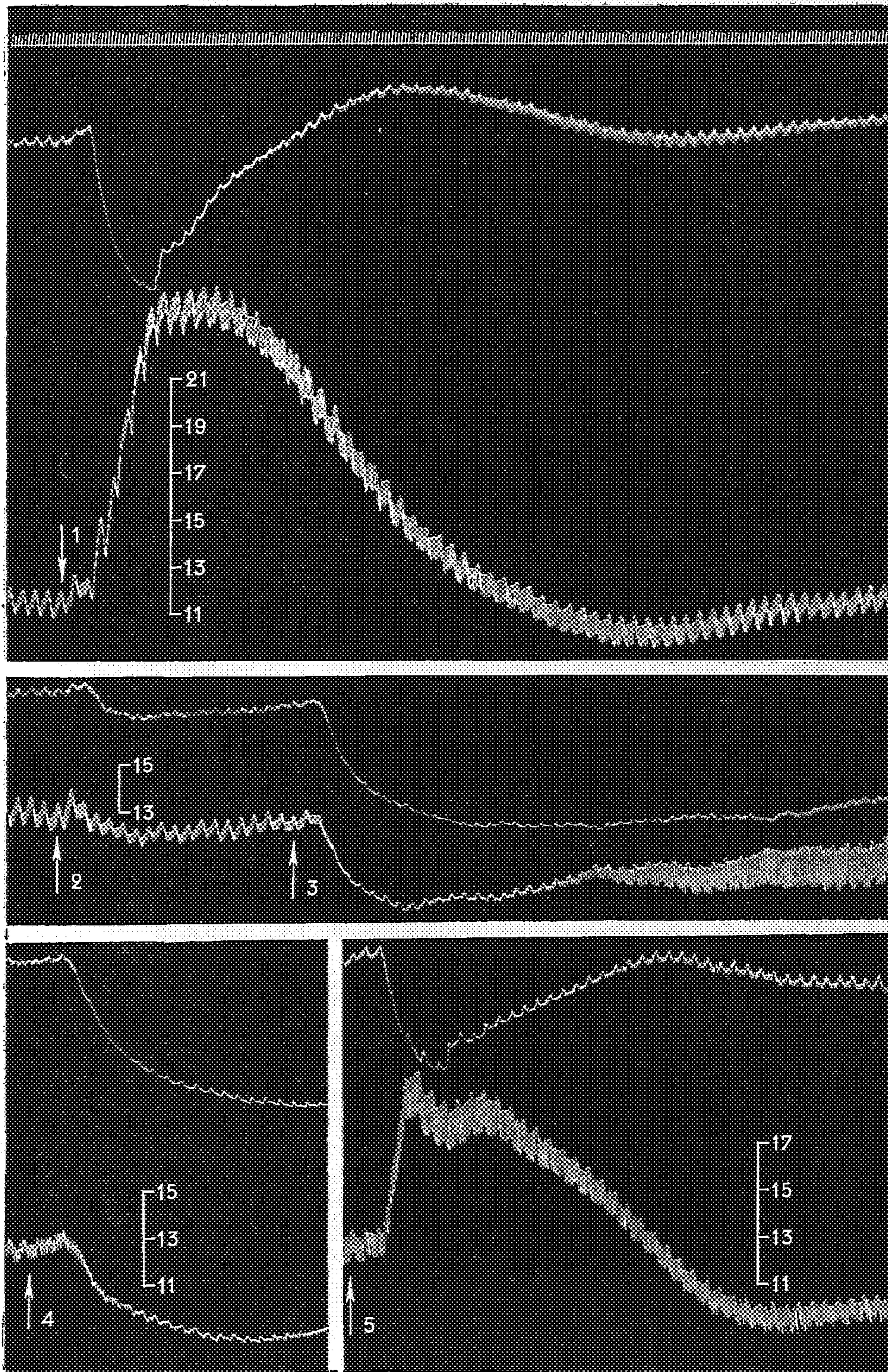
1° Qu'elle est hypotensive. Déjà, à la dose de 1 mg/kg, elle a abaissé de 12 mm la pression carotidienne qui n'est remontée que lentement vers son niveau initial. Après une dose de 2 mg/kg, l'hypotension a atteint 40 mm de mercure, s'est montrée très durable et s'est bientôt accompagnée de bradycardie avec grandes oscillations du tensiogramme. Enfin, après une nouvelle injection de même dose, la pression est descendue jusqu'à 42 mm au-dessous de son niveau antérieur et ne s'est relevée ensuite que lentement mais n'a pas montré de grandes oscillations.

2° Qu'elle n'a sur l'animal entier qu'une activité sympathicolytique extrêmement faible. Au début de l'essai, l'injection de 0,02 mg d'adrénaline avait élevé la pression carotidienne de 120 à 250 (+130) puis, après retour au niveau initial en 140 secondes, l'avait abaissée à 108 (—12). Après administration de 5 mg de geissospermine par kg, l'adrénaline, à la même dose qu'auparavant fit monter la pression de 125 à 243 (+118) puis la fit baisser à 112 (—13). Après de nouvelles injections portant à 30 mg/kg 5, la quantité totale de geissospermine administrée à l'animal, la toujours même dose d'adrénaline fit passer la pression d'abord de 134 à 202 (+68), 189 (creux de —13) et 194, puis, après retour au niveau initial en 79 secondes, à 101 (—33). Même alors l'adrénaline avait conservé une très forte action vaso-constrictive rénale se

---

([4]) J. H. Welsh et R. Taub, *J. Pharmacol.*, 103, 1951, p. 62; P. Hey, *Brit. J. Pharmacol.*, 7, 1952, p. 117; J. Lévy et B. Tchoubar, *J. de Physiol.*, 45, 1953, p. 161; A. K. Armitage et H. R. Ing, *Brit. J. Pharmacol.*, 9, 1954, p. 376.

([5]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 290.



Chien ratier à poils ras de 5 kg, chloralosé (14 cg par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle, 1re ligne : temps en secondes, 2e, 4e et 6e lignes : oncogramme, 3e, 5e et 7e lignes : tensiogramme carotidien. On a injecté dans la saphène, en 1 et 5, 0,02 mg de bitartrate d'adrénaline de Hœchst, en 2, 5 mg, en 3 et en 4, 10 mg, après 4 et avant 5, 11 fois 10 mg et 1 fois 15 mg de geissospermine pure préparée par Bertho et dissoute après neutralisation par l'acide chlorhydrique dans le soluté physiologique de chlorure de sodium à raison de 2 mg par cm³.— Tracés réduits d'un tiers.

traduisant par une forte diminution du volume de cet organe et par la presque totale abolition de son pouls.

3° que les effets cardio-inhibiteurs de la faradisation du bout périphérique du vague au cou n'ont pas été modifiés par l'administration à l'animal de 20 mg de geissospermine par kilogramme.

De nos constatations on peut tirer les déductions suivantes :

1° Puisque l'activité sympathicolytique d'une même base peut apparaître comme bien marquée ou comme extrêmement faible suivant qu'on l'évalue sur un organe isolé ou sur l'animal entier, on doit admettre que ces deux méthodes d'essai peuvent donner des résultats discordants et qu'en conséquence le titrage des drogues sympathicolytiques sur des organes isolés ne peut fournir dans tous les cas une appréciation exacte de leur efficacité thérapeutique.

2° L'activité sympathicolytique de la geissospermine se manifestant à la fois par l'apparition d'un « creux » dans le tracé de l'hypertension adrénalinique et par l'augmentation de l'hypotension qui la suit, on a une nouvelle preuve de l'analogie des processus dont dépendent ces deux manifestations hypotensives.

MICROBIOLOGIE. — *Détermination du rendement des cultures* in vitro *du virus poliomyélitique par évaluation du rapport numérique entre cellules-hôtes et virus libéré.* Note de M. **Pierre Lépine**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le rendement d'une culture *in vitro* d'un virus peut être exprimé par le rapport entre le nombre des cellules infectées et celui des particules virulentes finalement libérées. Description d'une technique permettant ce calcul. Dans le cas du virus de la poliomyélite chaque cellule infectée libère, dans les conditions optima, 700 particules de virus. La méthode permet l'étude théorique et pratique de la culture du virus.

On évalue d'ordinaire le rendement des cultures de virus par la comparaison entre le titre du virus introduit dans le milieu et celui du virus finalement recueilli. La précision de cette méthode n'est qu'apparente car le rendement réel dépend du nombre de cellules-hôtes qui ont été infectées et du nombre de particules virulentes que chacune d'elles a libérées par la suite. Dans l'organisme animal l'étude des courbes de croissance [P. Lépine, G. Wielgosz et L. Reinié [1]] montre que la multiplication du virus se fait en deux ou trois étapes correspondant à l'atteinte successive des groupes cellulaires. Dans les cultures *in vitro* au contraire, la courbe est celle d'une réaction en un temps où le meilleur rendement est atteint lorsque toutes les cellules-hôtes sont infectées et que le titre final est le plus élevé par rapport au nombre des cellules entrant en jeu; en définitive, le rendement sera exprimé par le nombre des particules

(1) *Ann. Inst. Pasteur*, 81, 1951, p. 77.

virulentes libérées par cellule infectée. Nous avons cherché à déterminer ce rendement avec le virus poliomyélitique.

Nous avons opéré dans des flacons à toxine à fond plat d'une surface de 254,5 cm^2; les cellules-hôtes étaient des cellules rénales d'origine simienne ou humaine obtenues par trypsination [méthode de J. S. Youngner ([2])] suspendues dans un milieu synthétique dérivé du milieu 635 [G. M. Healy, D. C. Fisher et R. C. Parker ([3])] enrichi dans la proportion de 0,5 à 2 % de sérum animal (cheval, homme) ou de produits de fractionnement du sérum. L'introduction d'un volume connu (10 cm^3) d'une suspension cellulaire numérée à l'hématimètre permet de connaître le nombre de cellules au départ. Les cultures cellulaires sont mises à l'étuve, au repos à plat, pour obtenir le développement d'une couche monocellulaire [R. Dulbecco et M. Vogt ([4])] dont la teneur est appréciée chaque jour, par la numération après remise en suspension du contenu d'un flacon témoin, et par la numération directe par microphotographie de champs microscopiques observés à travers la paroi. Après 7 jours d'incubation le milieu est changé et le virus introduit sous forme d'une suspension dont le nombre de doses infectantes est ajusté, compte tenu des erreurs expérimentales, à plus de une et moins de cinq par cellule-hôte présente à ce stade dans le flacon. La fixation du virus est faite en 1 h; au bout de 4 h toute multiplication cellulaire a pratiquement cessé. Dans les conditions optima toutes les cellules sont atteintes d'emblée et quelques heures plus tard la destruction cellulaire est complète : le virus est alors titré à nouveau, et ce titre divisé par le nombre de cellules au centimètre carré présentes lors de l'ensemencement : le quotient exprime le nombre de particules virulentes libérées par cellule infectée : il permet d'apprécier le rendement en fonction des modifications apportées au milieu nutritif.

Les nombres obtenus ont été constamment supérieurs à 350 unités virulentes libérées par cellule infectée. Toutes les fois où la destruction cellulaire a été rapide et totale, les nombres trouvés sur 10 essais parallèles ont été voisins de 700 avec de faibles écarts en plus ou en moins. Ce nombre paraît actuellement constituer le rendement optimum de la cellule infectée. Les modifications de la composition du milieu qui ne diminuent pas le rendement, influent sur la vitesse (nombre d'heures) avec laquelle le maximum est atteint. Ces constatations, en dehors de leur intérêt théorique, permettent une étude pratique du rendement des cultures du virus de la poliomyélite.

([2]) *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 85, 1954, p. 202.

([3]) *Canad. J. Biochem. Physiol.*, 32, 1954, p. 327-337.

([4]) *J. exp. Med.*, 99, 1954, p. 167.

VIROLOGIE. — *Établissement d'une relation entre la vitesse de développement des aphtes linguaux et la virulence du virus de la fièvre aphteuse cultivé sur embryome.* Note de MM. **J. André Thomas** et **Laurent Cauchy**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'évolution des aphtes linguaux a pu être classée en *rapide*, *moyenne*, *ralentie*. Un bovin porteur d'embryome qui parvient au stade des gros aphtes, mais avec retard fournit un virus d'embryome de titre bas; si les aphtes évoluent jusqu'au stade I_A, de façon *rapide et régulière* le virus d'embryome a un titre élevé (10^{-6}), lorsque le prélèvement est fait au moment opportun.

En poursuivant notre analyse des conditions de culture *in vivo* et des propriétés du virus aphteux d'embryome, chez la Vache, il s'est avéré que les stades précoces d'évolution I_0 et I_A que nous avons individualisés [1] devaient eux-mêmes faire l'objet d'une étude approfondie. Il est connu que la vitesse d'évolution de la fièvre aphteuse expérimentale chez les bovins non immunisés peut varier entre de notables limites; or, nous constatons que ces différences de vitesse aux stades I_0 et I_A s'accusent aussi par des variations corrélatives du taux de virulence de l'embryome. Naturellement, si le virus est prélevé tardivement au stade III (généralisation aphteuse), ces variations ont eu le temps de s'amortir, mais le virus à ce stade tardif est mauvais pour la vaccination.

L'expérimentation est conduite selon notre méthode générale, dans des conditions aussi identiques que possible : les bovins réceptifs implantés sous la peau avec 5 l de pulpe de tissus épithéliaux de fœtus de bovin, diluée à 50 % dans le liquide amniotique, sont, trois jours après, inoculés de virus aphteux dans la muqueuse linguale en 16 point différents (0,5 cm^3 à 10^{-2} en général par point, souches O_2, A_5 ou C réactivées, de virulence constante pendant les expériences). Le développement des aphtes est relevé à chaque instant : nous avons tenté d'en caractériser la vitesse — qu'il serait souhaitable de pouvoir chiffrer dans l'avenir — par l'observation clinique, par des graphiques, par des photographies en série et nous avons été amenés, à titre provisoire, à la qualifier de : vitesse d'évolution *rapide*, *moyenne*, *ralentie*. La virulence de chaque embryome prélevé sur les flancs au moment choisi est déterminée par titrage sur langue de bovin neuf.

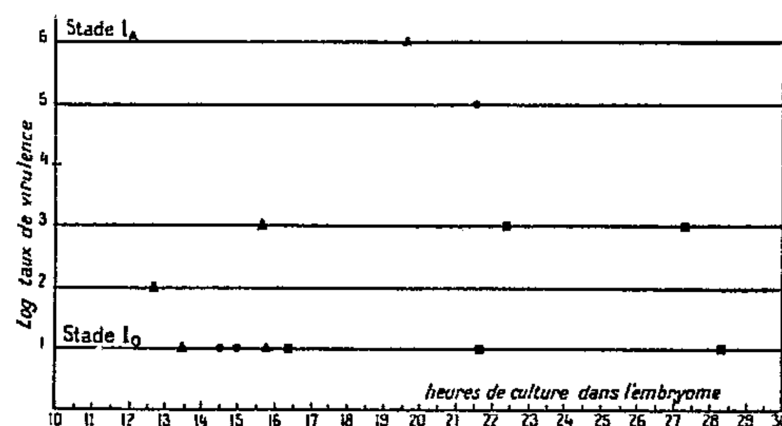
Nous préciserons d'abord notre définition des stades I_0 et I_A :

Stade I_0 : aphtes primaires naissants, avant la première poussée thermique ou à son début; ce stade peut s'étendre jusqu'à la transformation de la papule en vésicule : il peut être court ou, selon les conditions, assez long. Le titre du virus d'embryome est égal ou légèrement supérieur à 10^{-1}.

[1] J. André Thomas, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1186.

Stade I_A : aphtes primaires en accroissement rapide et régulier, au cours de la première poussée thermique. Ces aphtes se gonflent progressivement de lymphe et deviennent confluents; ils sont artificiellement décollables. Le stade I_A est dépassé lorsque les aphtes se rompent spontanément et lorsque s'amorce la première décroissance thermique. Le stade I_A peut être précoce ou, selon les conditions, notablement retardé. Nos observations nous montrent qu'il est nécessaire pour obtenir un taux de virulence élevé de l'embryome, que le stade I_A, au maximum d'extension des aphtes linguaux, soit atteint dans le plus bref délai possible. Si nos règles techniques sont correctement observées, les bovins de l'ordre de 180 kg, implantés en excellent état physiologique, parviennent, en France, au stade I_A en 19 à 22 h. Inversement, si l'évolution des aphtes linguaux est lente avant le stade I_A, le taux de virulence de l'embryome est bas. De même encore, ce titre peut être bas si l'évolution des aphtes linguaux paraissant initialement normale, est, à partir d'un certain moment, ralentie.

Ainsi, un bovin porteur d'embryome, qui parvient au stade des gros aphtes linguaux, mais avec retard, fournit un virus d'embryome de titre bas; au contraire, un bovin sur la langue duquel les aphtes évoluent jusqu'au stade I_A *de façon rapide et régulière, produit un virus d'embryome de titre élevé* (10^{-6}), *si le prélèvement est fait au moment opportun.*



Répartition des taux de virulence du virus aphteux en fonction de la vitesse d'évolution des aphtes linguaux et de la durée de culture dans l'embryome. ▲ : évolution *rapide*, ● : évolution *moyenne*, ■ : évolution *ralentie.*

Le graphique ci-joint, groupant 13 expériences consécutives (prélèvement du virus, soit au stade I_0, soit au stade I_A, délais 12 h 40 mn à 28 h 20 mn, variantes O_2, A_5 ou C) montre que les cas d'évolution aphteuse *rapide* donnent, en général, pour des durés de culture comparables, des taux de virulence plus élevés que ceux des cas d'évolution *moyenne*, et surtout *ralentie.*

En somme, ce n'est pas la valeur absolue du délai s'écoulant entre l'inoculation du virus et le prélèvement, ni le degré d'extension final des aphtes qui importent au premier chef, si l'on veut obtenir un virus d'embryome à la fois très virulent et antigénique, au stade I_A, mais bien la vitesse d'évolution des aphtes linguaux. C'est, en fin de compte, la

vitesse de multiplication du virus. Cette vitesse, dans l'organisme non immunisé, dépend non seulement de l'inoculat, mais aussi de l'animal. Ceci apparaît le plus clairement dans les cas d'évolution irrégulière des aphtes, où l'organisme ralentit une culture à départ rapide. Les meilleures cultures d'embryome proviennent des animaux en meilleure santé; la diminution du rendement est vraisemblablement due à une déficience métabolique, d'une part, aux réactions non spécifiques de l'organisme, d'autre part. Il se dégage donc la notion que chez le bovin implanté, de telles conditions peuvent avoir pour effet de ralentir ou de modifier la synthèse des particules virulentes et sans doute de celles qui leur sont associées, antigènes solubles ou autres. D'une manière générale, on peut admettre que tout organisme qui a présenté un développement ralenti des aphtes linguaux, fournit un embryome dans lequel la synthèse du virus a été freinée. Il y a donc finalement à considérer deux systèmes en interaction : la souche de virus, avec ses caractères intrinsèques, et le milieu de culture vivant, l'organisme porteur d'embryome, dont les conditions physiologiques et les réactions générales non spécifiques doivent être analysées et éventuellement dirigées.

SÉROLOGIE. — *Mise en évidence dans le sérum de sujets atteints de leucose aiguë d'anticorps précipitants anti-leucocytaires* (*leuco-précipitines*). Note (*) de MM. **Maxime Seligmann**, **Pierre Grabar** et **Jean Bernard**, présentée par M. Léon Binet.

La méthode utilisée ici est l'épreuve du disque pour laquelle on superpose dans un tube de 2 à 3 mm de diamètre le sérum à examiner et un lysat leucocytaire. Ce lysat a été obtenu par action des ultrasons sur une suspension très riche de leucocytes bien lavés; nous avons démontré antérieurement la présence dans ces lysats de plusieurs antigènes spécifiquement leucocytaires ([1]). Les sérums employés doivent être stériles, non hémolysés, non lipidiques. Une réaction positive se traduit par l'apparition d'un précipité macroscopiquement visible à l'interface; cette réaction est aisément distinguée des réactions faussement positives que donnent les lysats instables, les sérums lipidiques ou contaminés; elle doit être pratiquée simultanément avec plusieurs lysats de lots différents, ce qui permet de s'assurer de la constance de la précipitation.

Nous avons examiné :

— 108 sérums de sujets normaux de tout âge, de tous groupes sanguins

(*) Séance du 22 novembre 1954.

([1]) P. Grabar, M. Seligmann et J. Bernard, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 920.

rouges; 8 de ces sérums étaient lipidiques ou contaminés; les 100 réactions valables étaient toutes négatives;

— 54 sérums de malades atteints de leucose aiguë en période évolutive; 9 de ces sérums étaient lipidiques ou hémolysés. Les 45 réactions valables se répartissent ainsi : 37 réactions négatives, 8 réactions positives (dont 5 très fortement positives).

Ainsi, dans l'état actuel de nos techniques, la présence de leuco-précipitines dans le sérum des malades atteints de leucose aiguë est un phénomène inconstant. Elle n'est en rapport, ni avec le sexe, ni avec l'âge, ni avec le groupe sanguin rouge, ni avec le type cytologique de la leucémie; 3 des 8 malades n'avaient pas été antérieurement transfusés. La neutropénie sanguine n'était pas constante. Le seul trait commun aux 8 malades chez lesquels furent décelées les leuco-précipitines est l'extrême pauvreté de la moelle en éléments granuleux.

La leuco-précipitine est une substance thermostable, présente dans la fraction globulinique du sérum.

Pour chacun de nos sérums contenant une leuco-précipitine, nous avons pu procéder à l'épuisement par les lysats leucocytaires. La substance leuco-précipitante est un anticorps qui ne semble réagir qu'avec une partie des antigènes spécifiquement leucocytaires. Par fractionnement des lysats, nous espérons pouvoir préciser le constituant leucocytaire avec lequel elle réagit. Déjà l'étude de l'action de cette leuco-précipitine sur des lysats de leucocytes leucémiques nous a permis de noter les faits suivants : 1° les sérums qui donnent une réaction très positive avec tous les lysats de leucocytes normaux réagissent très fortement avec les lysats de leucocytes de leucémie myéloïde chronique; 2° par contre, la réaction est constamment négative, tant avec des lysats de leucocytes de leucémies lymphoïdes chroniques qu'avec des lysats de leucoblastes provenant du sang de 7 malades différents atteints d'une forme hyperleucocytaire de leucémie aiguë. Cette constatation nous paraît confirmer indirectement l'une des conclusions de notre étude comparative de la constitution antigénique des leucocytes normaux et leucémiques, à savoir qu'il manque dans les leucoblastes et dans les lymphocytes de la leucémie lymphoïde chronique au moins l'un des constituants antigéniques que nous avons appris à distinguer dans les leucocytes normaux [1]. Tout se passe comme si c'était avec ce constituant, probablement propre aux granulocytes, que réagit la leuco-précipitine sérique.

La leuco-précipitine, ainsi mise en évidence n'est pas un iso-anticorps (3 des 8 malades n'avaient jamais été transfusés et de tels anticorps n'ont pas jusqu'à présent été décelés chez des individus normaux). Elle semble appartenir au groupe des « auto-anticorps ». Différente des anticorps anti-leucocytaires actuellement connus (leuco-agglutinine, leuco-lysine, leuco-

opsonine), qui se combinent probablement avec un antigène de surface, la leuco-précipitine semble exercer son action sur un antigène endocellulaire. Il est possible qu'elle soit responsable de l'absence de tout élément granuleux jeune notée sur les myélogrammes des leucémiques chez lesquels elle a été constatée.

CHIMIE BACTÉRIENNE. — *Sur la* tuberculénone, *cétone insaturée isolée des lipides de souches humaines de* Mycobacterium tuberculosis ([1]). Note (*) de M. **Jean Asselineau**, présentée par M. Jacques Duclaux.

A partir de cires D d'une souche H-37 Rv streptomycinorésistante, une cétone insaturée, $C_{60}H_{118}O \pm 3CH_2$, a été isolée, qui est identique à la tuberculénone de la souche R_1. La dégradation de cette cétone par ozonisation conduit à lui attribuer la structure (III).

Nous avons décrit antérieurement l'isolement à partir des cires de la souche R_1 d'une cétone insaturée, $C_{60}H_{118}O \pm 3CH_2$, F 72-74°, $[\alpha]_J$ — 15°, que nous avons proposé d'appeler *tuberculénone* ([2]). L'ozonisation de cette cétone nous avait fourni une substance neutre, $C_{35}H_{70}O \pm CH_2$, F 55-57°, vraisemblablement cétonique ([3]), ainsi qu'un acide de poids moléculaire voisin de 400. L'obtention de ces produits d'ozonolyse et l'absence de formation de bromoforme par action de l'hypobromite sur la tuberculénone et son produit neutre d'ozonolyse, nous avait conduit à envisager pour la tuberculénone une structure du type (I).

Dans la présente Note, nous décrirons l'isolement de tuberculénone à partir des cires d'une souche H-37 Rv streptomycinorésistante. L'ozonisation de cette cétone, effectuée sur une quantité plus importante, nous a permis de préciser la nature des produits de dégradation obtenus, et d'établir ainsi la structure (III), en éliminant définitivement une structure de type (II), également susceptible de donner naissance à une mono-cétone en C_{35} par ozonisation.

Par chromatographie des produits de saponification de cires D d'une souche H-37 Rv S.r., la tuberculénone a été isolée à partir des éluats au tétrachlorure de carbone; après purification par plusieurs recristallisations dans l'éther, elle présente les propriétés suivantes : F 69-72°, $[\alpha]_J$ —11° ($CHCl_3$) $C_{60}H_{118}O$, [trouvé %, C 84,03; H 13,94; P. M. (Rast) 887; (C) —CH_3 5,10; calculé %, C 84,22; H 13,90; P. M. 855; 1 (C)—CH_3 1,75]; cette cétone a

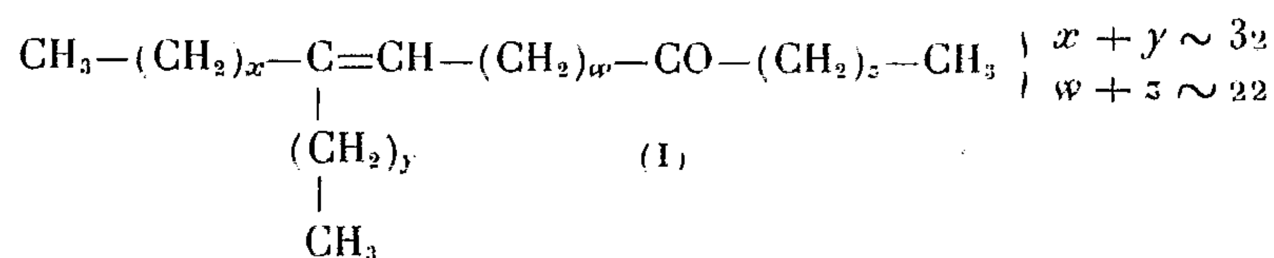
(*) Séance du 22 novembre 1954.

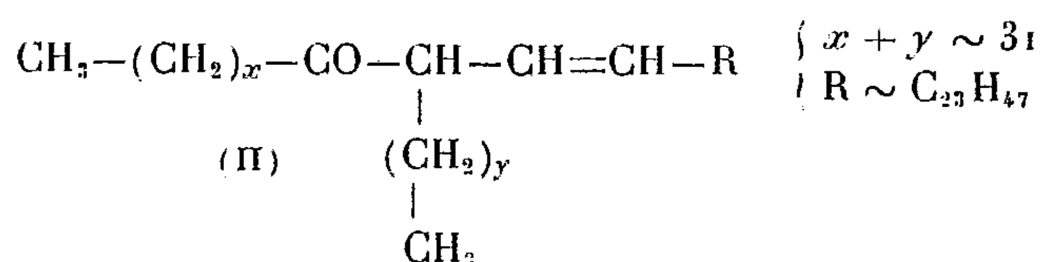
([1]) 30e Communication sur les Constituants du Bacille tuberculeux; 29e comm., *voir* T. Gendre et E. Lederer, *Ann. Acad. Sc. Fennicae* (sous presse).

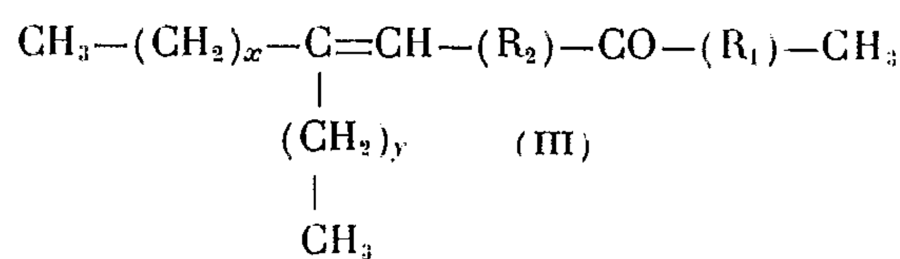
([2]) J. Asselineau, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1954, p. 108.

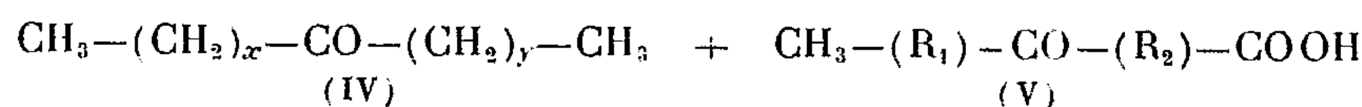
([3]) Le caractère cétonique de cette substance a, depuis, été confirmé par l'observation d'une bande à 5,82 μ dans son spectre d'absorption infrarouge.

été obtenue avec un rendement de 0,1 % par rapport au poids sec des bacilles. Son spectre d'absorption infrarouge est pratiquement identique à celui de la tuberculénone de la souche R_1. Dans le cas de composés aliphatiques à haut poids moléculaire, tels que les acides mycoliques, des substances différentes peuvent présenter des spectres infrarouges très semblables [4]. Toutefois, dans le cas présent, l'identité de ces deux cétones est en outre rendue probable par la concordance des points de fusion des oximes, et la similitude des résultats fournis par l'ozonisation.









$x + y \sim 32$

$R_1 + R_2 \sim C_{21}H_{41}$ l'un de ces deux radicaux étant *ramifié*

La tuberculénone de H-37 Rv S. r. fournit une *oxime* qui, purifiée par chromatographie, fond à 50-52° ($C_{60}H_{119}ON$ trouvé %, C 83,04; H 13,55; N 1,72; calculé %, C 82,77; H 13,78; N 1,61). L'obtention d'une oxime prouve que l'oxygène est présent sous forme d'un groupe $C = O$; le caractère cétonique de ce carbonyle est indiqué par l'existence d'une bande à 5,82 μ dans le spectre infrarouge.

240 mg de tuberculénone H-37 Rv S. r. ont été *ozonisés* dans les conditions déjà décrites [2], et le produit brut d'ozonolyse a été séparé en fractions neutre et acide par chromatographie sur alumine (activité II-III) :

---

(4) J. ASSELINEAU et E. LEDERER, *Prog. chim. subst. organ. natur.*, 10, 1953, p. 170.

La fraction neutre (104 mg) retrouvée dans l'éluat au CCl_4, fond après deux recristallisations dans l'éther, à 58-62° et présente la composition d'une pentatriacontanone (IV) encore impure [($C_{35}H_{70}O$, trouvé %, C 82,08; H 13,50; P. M. Rast 593; (C)—CH_3 5,10; calculé %, C 82,92; H 13,92; P. M. 507; 2(C)—CH_3 5,94)]. Cependant, les résultats de l'analyse élémentaire de son *oxime*, F 55-56° après purification, confirment la formule $C_{35}H_{71}ON$ ($C_{35}H_{71}ON$ trouvé %, C 80,60; H 13,79; N 2,46; calculé %, C 80,54; H 13,71; N 2,69).

La fraction acide, (61 mg), purifiée par recristallisation dans le méthanol, se présente sous forme d'une poudre blanche, F 58-60° [($C_{25}H_{48}O_3$ trouvé % : C 75,90; H 12,50; P. M. (titrage) 403; (C)—CH_3 4,61; calculé %, C 75,70; H 12,20; P. M. 396; 1(C)—CH_3 3,60)]. Le dosage de C-méthyle et le point de fusion relativement bas montrent qu'il s'agit d'un *acide ramifié;* cet acide porte une seconde fonction oxygénée qui correspond vraisemblablement au groupe cétonique présent dans la tuberculénone [5].

L'isolement de ce céto-acide conduit à attribuer à la tuberculénone la structure (III), dans laquelle l'un des radicaux R_1 ou R_2 est ramifié; la présence de cette ramification explique l'existence du pouvoir rotatoire de la tuberculénone.

A 16 h 45 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 h 50 m.

L. B.

---

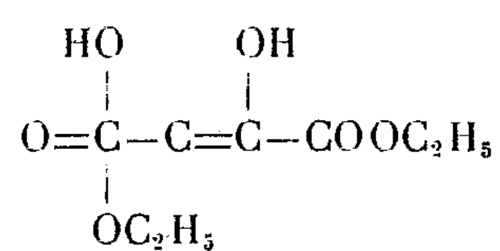
(5) Par traitement par l'hydroxylamine dans les conditions habituelles, cet acide a fourni un dérivé *azoté* (F 30-35°), qui n'a pu être purifié en raison de la trop faible quantité de substance disponible.

ERRATA.

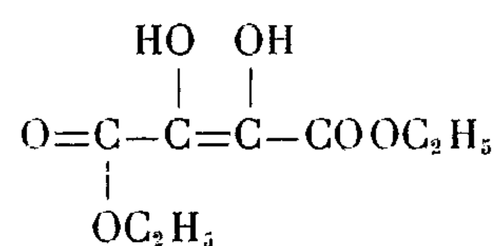
(*Comptes rendus* du 4 octobre 1954.)

Note présentée le même jour, de MM. *Henry Gault* et *Élias Elnik*, Sur une synthèse de l'ester butènediol-2.3 dioïque :

Page 817, formule (II), *au lieu de*



lire



Page 817, 11[e] ligne en remontant, *au lieu de* 1 mm/Mg, *lire* 1 mm/Hg.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 8 DÉCEMBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE DE BROGLIE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce le décès, survenu le 16 novembre, de M. **Albert-Francis Blakeslee**, Associé étranger. Il invite l'Académie à se recueillir en silence pendant quelques instants, en signe de deuil.

L'allocution nécrologique d'usage sera lue en l'une des prochaines séances par M. **Maurice Caullery**.

AGRONOMIE. — *Lessivage d'un sol de limon en cases lysimétriques*, par MM. **Albert Demolon** †, **Étienne-Marcel Bastisse** et **Stéphane Hénin**.

La série de lysimètres construite en 1929 au Centre National de la Recherche Agronomique de Versailles, ayant été endommagée pendant la guerre, a dû être abandonnée par la suite. Nous nous proposons, dans cette Note, de présenter les conclusions générales tirées des observations effectuées sur ce matériel. Des résultats partiels ayant été publiés jusqu'en 1941 [1], nous insisterons surtout sur les données obtenues entre 1942 et 1949 qui, tout en confirmant les précédentes, doivent être considérées comme plus significatives, les sols ayant atteint un état de tassement qui les rend plus comparables aux terres en place.

Considérons tout d'abord le bilan de l'eau. Une terre maintenue sans culture draine en moyenne chaque année 189,5 mm par an, la terre cultivée 112,1 mm seulement. La présence de végétaux sur le terrain diminue donc le drainage de 77,4 mm, soit 40,9 %. Parmi les divers traitements essayés, il est intéressant de signaler le bilan de l'eau dans une case cultivée, mais où le terrain entre les lignes de végétation était recouvert en permanence par des bandes de papier d'une vingtaine de centimètres de large. On obtient alors un drainage de 216,8 mm, soit 37,3 mm de plus qu'avec la case nue.

---

(1) A. Demolon et E. M. Bastisse, *Études lysimétriques appliquées à l'Agronomie*. (*Monographie du Ministère de l'Agriculture*, Paris, 1942.)

Si l'on considère l'écoulement mensuel de chaque case, on obtient les résultats suivants :

Drainages mensuels moyens.

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.
Case nue témoin.	20,4	4,0	11,2	1,3	1,5	2,5	5,9	12,4	35,5	36,9	29,8	28,1
Case cultivée :												
témoin........	13,9	2,2	5,1	0,3	0,7	–	–	3,5	21,5	21,0	21,5	22,4
Couverte papier...	28,5	11,9	20,7	5,8	3,5	1,5	5,5	8,1	31,0	33,8	32,4	34,1

On constate qu'il n'y a en moyenne aucun arrêt du drainage dans la case nue et dans la case cultivée couverte de papier, alors qu'un arrêt de deux mois s'observe en case cultivée. Ces faits font clairement ressortir que l'effet exercé par la couverture de papier sur le bilan de l'eau est attribuable à une réduction de l'évaporation, les différences les plus notables se manifestant pendant la période chaude.

L'eau qui draine entraine avec elle une certaine quantité d'éléments. Voici les résultats moyens (1942-1949) exprimés en kilogrammes par hectare et par an pour la case témoin nue : CaO, 334,9 ; MgO, 18,3 ; SO_3, 123,1 ; N_2O_5, 353,1 ; CO_2 et matière organique, 204,6 ; P_2O_5, 0,26 ; K_2O, 6,2. Enfin, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 et Na_2O représentent 22,8 kg par hectare et par an, dont environ 18 kg de SiO_2. L'ensemble de ces éléments constitue sensiblement l'extrait sec.

Si l'on suit la quantité totale de produits exportés au cours des 18 années de l'expérience, on constate une très large fluctuation annuelle en dépit de laquelle on discerne une nette tendance à l'appauvrissement en fonction du temps. Quant aux fluctuations annuelles, elles sont en corrélation avec l'intensité du drainage.

En considérant les exportations au cours de l'année, on observe qu'après les périodes sans drainage, la solution qui s'écoule de la case nue est relativement riche en éléments solubles ; puis les solutions s'appauvrissent avec le temps pour atteindre une concentration minimum en février. En case cultivée, ce ne sont pas les premières eaux de drainage d'octobre qui sont les plus riches, mais celles de novembre. Cependant, le minimum apparaît également en février. Comme le drainage au moment de son apparition est peu abondant, les quantités totales de substances exportées sont faibles. Puis, le drainage s'accroissant, les exportations tendent à augmenter. Cependant la concentration des eaux décroissant, il s'ensuit que l'exportation maximum se produit un à deux mois avant le drainage maximum.

Ces faits s'interprètent bien si l'on suppose que les exportations sont dues à l'action de deux mécanismes, l'un de nature biologique provoque la mise en solution des éléments adsorbés et des éléments insolubles, l'autre est un simple phénomène de lessivage dû à la percolation de l'eau. On trouve une confirma-

tion de la première hypothèse dans le fait que, une case remplie d'horizon C contenant 10 % de CO_3Ca ne perd que 157 kg de CaO, alors que l'horizon A, qui ne contient que du calcium échangeable, mais également de la matière organique, perd 335 kg de ce même élément. D'autre part une case remplie d'horizon A, mais recevant de la paille, perd 501 kg de CaO, c'est-à-dire encore plus que l'horizon A et cette différence est très supérieure à la quantité de cet élément apportée par la paille (soit 22 kg). Ainsi peut-on conclure de ces observations que l'importance des pertes dépend, dans une large mesure, de la quantité de matière organique présente; les cases n'ayant reçu aucun engrais. La tendance à l'appauvrissement des eaux de drainage avec le temps qui semble se manifester, met en évidence l'importance du stock d'éléments libérables.

La végétation, en réduisant le drainage diminue considérablement les exportations de certains éléments. C'est ainsi que les quantités totales de CaO, exportées en huit ans, ne sont que de 1 301,5 kg en case cultivée contre 2 679,2 kg en case nue, soit 48,6 % environ. Si l'on tient compte de l'exportation par la récolte, l'économie de CaO réalisée par la culture est de 42,9 %, soit sensiblement égale à la réduction du drainage qui est de 40,9 %. Dans les mêmes conditions l'économie de N_2O_5 est de 28,5 % seulement. Il y aurait alors un déficit d'anions dans la solution, mais l'absence de N_2O_5 est compensée par l'accroissement relatif de SO_3 et plus encore de l'ensemble CO_2 et matière organique.

Si la culture économise certains éléments, le végétal exerce une action dissolvante sur d'autres. Celle-ci se manifeste un peu sur la magnésie, très notablement sur la potasse et plus encore sur l'acide phosphorique, la récolte exportant de 8 à 100 fois environ ce qu'entraînent les eaux de drainage de la case nue (50,7 contre 6,2 pour K_2O et 21,49 contre 0,26 pour P_2O_5).

En conclusion, ces observations montrent que la percolation par les eaux de pluies, si elle entraîne dans tous les cas une certaine quantité d'éléments, voit son efficacité particulièrement accrue en présence de matières organiques qui, probablement à la suite des phénomènes biochimiques auxquels elles donnent lieu, jouent un rôle dominant dans la mise en solution des éléments adsorbés ou peu solubles. La végétation exerce pour sa part un effet dissolvant particulièrement apparent sur les éléments énergiquement fixés qui sont nécessaires à son alimentation. C'est ainsi que la quantité totale de potasse extraite au cours des 18 années fut de 2,22 fois la quantité échangeable contenue dans le matériel initial. Les végétaux ont donc mobilisé une partie de cet élément présent dans le sol à l'état non échangeable.

Du point de vue de l'évolution du sol on peut distinguer deux cas :

a. la végétation reste en place et les pertes sont alors sensiblement réduites;

b. les végétaux sont récoltés et, si l'on constate bien une économie de constituants tels que CaO du moins pour de faibles récoltes, on observe des

pertes notables en éléments particulièrement nécessaires à la plante, tels que K_2O et P_2O_5. Ces conclusions précisent un certain nombre d'idées concernant l'évolution des sols en leur fournissant une base expérimentale s'appuyant sur des données numériques tirées d'expériences de longue durée. C'est là un des avantages découlant de l'utilisation des cases lysimétriques. Cette méthode a, une fois de plus, fait ses preuves au cours de ces essais et il nous paraît opportun d'en recommander l'emploi, en dépit des dépenses élevées d'installation et du travail nécessité par le contrôle des résultats.

VIROLOGIE. — *Sur le mode d'action du virus-vaccin pastorien contre la rage et sur le mécanisme de l'immunité antirabique.* Note (*) de M. **Gaston Ramon.**

Il y a soixante-dix ans, Pasteur exposait ici même, ses travaux mémorables sur la rage.

A l'heure où précisément la rage connaît un regain d'actualité du fait de sa recrudescence dans divers pays et en raison aussi des recherches qui sont présentement poursuivies sur son traitement préventif chez l'Homme ainsi que sur sa prophylaxie chez les animaux, il nous a paru indiqué d'émettre quelques considérations d'ordre immunologique sur le mode d'action du virus-vaccin pastorien et sur le mécanisme de l'immunité acquise grâce aux vaccins antirabiques quelle que soit leur nature (1).

C'est dans une Note à l'Académie des Sciences en date du 26 octobre 1885 (2), que Pasteur fit connaître l'essentiel de sa méthode de vaccination antirabique appliquée, chez l'Homme, au traitement de la rage après morsure. Elle consistait, on le sait, à injecter chaque jour et pendant une douzaine de jours, sous la peau du sujet mordu par un animal présumé enragé, des suspensions de moelles de lapins inoculés avec un virus ayant subi au préalable de nombreux passages chez cet animal (virus fixe). Ces moelles étaient entretenues pendant plus ou moins longtemps dans une atmosphère d'air desséchée. Le traitement était commencé par l'injection d'une suspension d'un fragment d'une moelle ayant séjourné 14 jours dans cette atmosphère et il était terminé par une portion de moelle extraite depuis 24 heures seulement, du lapin rabique.

On pensait alors et, chose très curieuse, on croit assez généralement à l'heure actuelle encore, que la méthode pastorienne « pour prévenir la rage après morsure » est basée sur l'emploi, comme vaccin, d'un virus rabique « atténué dans sa virulence », selon un mécanisme identique à celui des virus-vaccins dirigés contre le choléra des poules et contre la fièvre char-

---

(*) Séance du 22 novembre 1954.

(1) Ces considérations, nous les développons dans un Mémoire actuellement sous presse dans la *Revue d'Immunologie*, 18, 1954, nos 5, 6. On trouvera dans ce Mémoire, la bibliographie afférente aux questions traitées.

(2) L. Pasteur, *Comptes rendus*, 101, 1885, p. 765.

bonneuse du mouton. En réalité, il n'en est rien et c'est Pasteur lui-même qui le précise. Il montre, en effet, que dans son vaccin contre la rage, *il y a appauvrissement en quantité du virus rabique contenu dans les moelles desséchées mais non appauvrissement en qualité*; le virus n'est pas atténué dans sa virulence « intrinsèque ».

Pasteur donne différentes interprétations du mode d'action de son virus-vaccin antirabique. Il émet entre autres, l'idée d'une « matière vaccinale » qui serait associée au virus rabique proprement dit, celui-ci gardant intacte sa virulence propre. Il en arrive à se demander s'il ne serait pas possible d'obtenir des « moelles » qui, tout en étant dépourvues de virulence, détermineraient l'état réfractaire et, dans son admirable prescience, Pasteur conclut que la vaccination par des moelles dépourvues de toute virulence constituerait un progrès inappréciable du traitement préventif de la rage après morsure. Ce progrès devait être réalisé plus tard au moyen de vaccins à base de virus « inactivés » dont la virulence a été très atténuée, totalement abolie même, soit par l'acide phénique, soit par le formol, soit par d'autres agents physiques ou chimiques; ces vaccins « anavirulents » étant actuellement utilisés aussi bien chez l'Homme pour le traitement préventif de la rage immédiatement après la morsure, que chez l'animal, pour la prophylaxie à longue échéance de la maladie rabique.

Cependant, le *mécanisme intime de l'immunité* conféré par la vaccination antirabique n'est pas éclairci. On a prétendu et certains prétendent encore aujourd'hui, que cette immunité est d'ordre cellulaire, local et qu'elle est liée à la défense tissulaire du névraxe lui-même. En réalité, il apparaît bien plutôt, à la lueur des acquisitions dans le domaine de l'immunité antitoxique, notamment de l'immunité antitétanique obtenue au moyen de l'anatoxine spécifique et dans celui de l'immunité contre certains ultravirus, que le rôle essentiel dans l'immunité antirabique appartient aux anticorps et qu'il s'agit d'une immunité humorale, générale. En effet, les vaccins que l'on utilise actuellement contre la rage, qu'ils soient du type virus-vaccin pastorien ou qu'ils soient constitués par un virus « inactivé » par le formol, par exemple, déterminent chez le sujet vacciné, la formation en plus ou moins grande quantité d'anticorps, notamment « d'antivirus » capables de neutraliser spécifiquement le virus avant qu'il ait pénétré dans les nerfs pour gagner par cheminement, les centres nerveux, de même façon que l'antitoxine tétanique, dont l'anatoxine a provoqué le développement chez les vaccinés, neutralise la toxine élaborée par le bacille tétanique au niveau du traumatisme chez le blessé, avant qu'elle ait, elle aussi, atteint les terminaisons nerveuses pour aller intoxiquer les centres nerveux.

D'ailleurs n'est-ce pas par les anticorps, par l'antivirus qu'il renferme, qu'agit le sérum antirabique recueilli chez les animaux hyperimmunisés

tout comme le sérum antitétanique agit par l'antitoxine qu'il contient. Dans l'immunité active comme dans l'immunité passive, le rôle principal paraît bien dévolu à l'anticorps, c'est-à-dire à l'antivirus, ce rôle pouvant être réduit ou au contraire favorisé par des facteurs secondaires.

En conséquence, les efforts des immunologistes doivent donc tendre, lorsqu'il s'agit notamment de la vaccination préventive des animaux et du Chien en particulier contre la rage, à l'obtention de vaccins doués d'une innocuité absolue (vaccins inactivés, rendus anavirulents par l'acide phénique, le formol, etc.) possédant un pouvoir immunogène élevé et capables de provoquer l'élaboration, par l'organisme des vaccinés, d'abondantes quantités d'anticorps (antivirus) et par conséquent de conférer une immunité solide et durable, laquelle peut être renforcée par l'adjonction au vaccin de substances adjuvantes et stimulantes.

Étant donné la recrudescence actuelle dans de nombreux pays, de la rage chez les animaux et par conséquent chez l'Homme, nous nous proposons d'étudier dans une prochaine Note, les moyens de lutte qui, dans l'état de nos connaissances présentes, s'imposent contre cette maladie.

M. **Eugène Darmois** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Yves Doucet intitulé : *Les aspects modernes de la Cryométrie*, dont il a écrit la *Préface*. et qui constitue le fascicule LIX du *Mémorial des sciences physiques*.

M. Paul Fallot fait hommage à l'Académie, au nom du Service géologique du Maroc dont il est le Conseiller scientifique, des Ouvrages suivants :

Notes et mémoires du Service géologique du Maroc. N° 103 : *Contribution à l'étude du cambrien inférieur et du précambrien III de l'Anti-Atlas marocain*, par Pierre Hupé. *Introduction stratigraphique*, par Georges Choubert. N° 115 : *Recherches géologiques et hydrogéologiques dans le Bassin lacustre de Fès-Meknès*, par Pierre Taltasse. N° 117 : *Notes du Service géologique*, tome VII.

Carte géologique du Maroc au 1/100 000e, *feuille Oued-Zem*, levée par H. Salvan, avec compléments par Gabriel Suter, Edmond Bolelli, William Van Leckwijck. Cette feuille concerne le Bassin des phosphates.

Carte géologique de la Meseta entre Settat et Mazagan, au 1/200 000e. *Feuille Settat-Oualidia*, levée par Marcel Gigout et, pour le Quaternaire, par Georges Choubert et divers collaborateurs.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Armand de Gramont** est élu vice-président pour l'année 1955 par la majorité absolue des suffrages exprimés.

MM. **Émile Borel** et **Gabriel Bertrand** sont réélus Membres des Commissions administratives par la majorité absolue des suffrages exprimés.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Albert Caquot**, **Henri Beghin**, pour la Division des sciences mathématiques; **Gabriel Bertrand**, **Charles Jacob**, pour la Division des sciences physiques; **Albert Portevin**, **Hippolyte Parodi**, pour la Division des applications de la science à l'industrie, sont élus Membres de la Commission, qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place de Membre de la Division des applications de la science à l'industrie, vacante par le décès de M. *René Barthélemy*.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Gabriel Bertrand**, **Maurice Javillier**, **Robert Courrier**, **Jacques Tréfouël**, **André Mayer** sont désignés pour représenter l'Académie au **IIIe Congrès international de Biochimie**, organisé par la Société belge de Biochimie, qui aura lieu à Bruxelles, du 1er au 6 août 1955.

M. **Jacques Hadamard** est désigné pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu à l'Université de Göttingen, le 19 février 1955, à l'occasion du centième anniversaire de la mort de **Carl Friedrich Gauss**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *L'aviation des temps modernes*, par Edmond Blanc.

2° Université de Paris. *Les Conférences du Palais de la Découverte*. Série A, n° 198.

3° *Observations géologiques et hydrologiques dans la Sarthe et l'Orne*, par Maurice Aubert.

4° Académie Serbe des sciences. *Opsta i specijalna patoloska anatomija*, par K. Sahovic. Sveska III. *Tumori* I et II.

5° *Physikertagung Innsbruck*. Hauptvorträge von der gemeinsamen Jahrestagung 1953 der verbandes deutscher physikalischer Gesellschaften und der österreichischen physikalischen Gesellschaft. Herausgegeben von H. Auer, E. Brüche, R. Steinmaurer.

6° *Journal für Hirnforschung*. Organ des Instituts für Hirnforschung und Allgemeine Biologie in Neustadt (Schwarzwald). Band I, heft 1-2, 3.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la représentation conforme des aires multiplement connexes.* Note de M. **Joseph L. Walsh**, présentée par M. Paul Montel.

Une aire à connection finie quelconque dont la frontière consiste en courbes de Jordan disjointes admet une représentation conforme biunivoque sur une aire définie par les inégalités $m < |S(Z)| < M$, $S(Z)$ étant de la forme caractéristique d'une fonction rationnelle sauf que les exposants des facteurs linéaires peuvent être irrationnels.

Nous démontrons le théorème suivant, qui admet des applications à la théorie de l'approximation des fonctions analytiques (1) :

Soit D *une aire du plan des z dont la frontière consiste en courbes de Jordan* $B_1, B_2, B_3, \ldots, B_\mu, C_1, C_2, C_3, \ldots, C_\nu$ *deux à deux disjointes. Il existe une représentation conforme de* D *sur une aire* Δ *du plan des* Z, *continue et biunivoque dans les aires fermées, où* Δ *est définie par*

$$(1) \qquad 1 < \left| \frac{A(Z-a_1)^{M_1}(Z-a_2)^{M_2}\ldots(Z-a_\mu)^{M_\mu}}{(Z-b_1)^{N_1}(Z-b_2)^{N_2}\ldots(Z-b_\nu)^{N_\nu}} \right| < e^{\frac{1}{\tau}} \qquad (\tau > 0);$$

les M_j *et* N_j *peuvent être irrationnels. Les images des* B_j *et* C_j *séparent les* a_j *et* b_j *respectivement de* Δ. Écartons le cas classique $\mu = \nu = 1$ (qui se traite plus facilement que le cas général), en nous servant en partie des méthodes de M. de la Vallée Poussin (2), qui démontre le théorème pour $\nu = 1$, et de M. Julia (3). Nous pouvons supposer $\mu \geqq 2$, en échangeant au besoin les rôles des B_j et des C_j.

Prenons les courbes B_j et C_j analytiques, D à l'intérieur de C_1. Soit la fonction $u(z)$ harmonique dans D, continue dans l'aire fermée $\overline{D}$, égale à 0 et 1 sur les B_j et C_j respectivement ; donc $u(z)$ est harmonique aussi sur chacune de ces courbes et un peu au-delà, disons dans une aire fermée D' qui contient $\overline{D}$ et dont la frontière $B' : u(z) = -\delta_1 (< 0)$, $C' : u(z) = \delta = 1 + \delta_1$, consiste en $\mu + \nu$ courbes de Jordan analytiques. Si $v(z)$ est la fonction conjuguée de $u(z)$, la formule de Green s'écrit (4).

$$(2) \qquad \begin{cases} u(z) \equiv \displaystyle\int_0^{\tau} \log|z-t|\,d\sigma - \int_{\tau}^{2\tau} \log|z-t|\,d\sigma - \delta, \\ d\sigma = \dfrac{dv}{2\pi}, \qquad \tau = \displaystyle\int_{B'} d\sigma = -\int_{C'} d\sigma > 0. \end{cases}$$

La dérivée de $u(z) + iv(z)$ ne s'annule pas sur les B_j ou C_j. Si les α_K et β_K (qui

(1) J. L. Walsh, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1339.

(2) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 128.

(3) *Représentation conforme des aires multiplement connexes*, Paris, 1934.

(4) J. L. Walsh, *Location of critical points*, New-York, 1950, § 7.1, 8.1.

dépendent de n) divisent B′ et C′ respectivement en parties égales par rapport au paramètre σ, on a uniformément dans $\overline{\mathrm{D}}$:

$$u_n(z) \equiv \frac{\tau}{n}\sum_1^n \log|z-\alpha_{\mathrm{K}}| - \frac{\tau}{n}\sum_1^n \log|z-\beta_{\mathrm{K}}| - \delta \to u(z);$$

pour n assez grand, D est approché ([4]) par D_n: $0 < |u_n(z)| < 1$, aire à frontière formée par $\mu+\nu$ courbes de Jordan. Chaque point de D se trouve dans tous les D_n pour n assez grand ; chaque point extérieur à D appartient au plus à un nombre fini de D_n. D_n se représente par les inégalités

$$1 < |\mathrm{R}_n(z)| < e^{\frac{n}{\tau}}, \qquad \mathrm{R}_n(z) \equiv e^{-\frac{n\delta}{\tau}} \prod_1^n \frac{z-\alpha_{\mathrm{K}}}{z-\beta_{\mathrm{K}}} \equiv e^{\frac{nu_n(z)}{\tau}}.$$

L'équation $w = \mathrm{R}_n(z)$ définit la représentation conforme du plan des z sur une surface de Riemann σ_0 à n feuillets, et l'image $1 < |w| < e^{n/\tau}$ de D_n est connexe, ayant pour frontière μ circonférences de rayon 1 des multiplicités m_j et ν circonférences de rayon $e^{n/\tau}$ des multiplicités n_j ; les m_j et n_j sont les nombres des α_k et β_k sur les respectives composantes de B′ et C′. Les $\mu+\nu$ aires du plan des z complémentaires de D_n ont pour images μ et ν aires simplement connexes, recouvrant $|w| < 1$ et $|w| > e^{n/\tau}$ respectivement m_j et n_j fois. Nous définissons une surface σ_1 en remplaçant continûment chacune de ces $\mu+\nu$ aires par une surface connexe recouvrante $|w| < 1$ ou $|w| > e^{n/\tau}$ également m_j ou n_j fois, avec un seul point de ramification, 0 ou ∞. Donc (Schwarz) σ_1 se représente sur le plan des Z par une transformation biunivoque

$$w = \mathrm{S}_n(\mathrm{Z}) \equiv \frac{\mathrm{A}_n(\mathrm{Z}-a'_1)^{m_1}(\mathrm{Z}-a'_2)^{m_2}\ldots(\mathrm{Z}-a'_\mu)^{m_\mu}}{(\mathrm{Z}-b'_1)^{n_1}(\mathrm{Z}-b'_2)^{n_2}\ldots(\mathrm{Z}-b'_\nu)^{n_\nu}};$$

les a'_j et b'_j (dépendant de n) sont distincts, extérieurs à l'image Δ_n : $1 < |\mathrm{S}_n(\mathrm{Z})| < e^{n/\tau}$ de D_n. La transformation $\mathrm{R}_n(z) = \mathrm{S}_n(\mathrm{Z})$ de D_n peut s'écrire $\mathrm{Z} = \mathrm{Z}_n(z)$. Choisissons a'_1, a'_2, b'_1, par une transformation du plan des Z comme points a_1, a_2, b_1, distincts indépendants de n.

Pour $n \to \infty$ il existe une suite partielle des n telle que tous les $\mathrm{A}_n^{1/n}$, a'_j, b'_j, tendent vers des limites A, a_j, b_j ; nous avons

$$\frac{\tau m_j}{n} \to \int_{\mathrm{B}_j} d\sigma = \tau \mathrm{M}_j, \qquad \frac{\tau n_j}{n} \to -\int_{\mathrm{C}} d\sigma = \tau \mathrm{N}_j, \qquad \sum \mathrm{M}_j = \sum \mathrm{N}_j = 1.$$

Les inégalités qui définissent Δ_n prennent comme forme limite (I), inégalités qui définissent une aire Δ.

Les fonctions $\mathrm{Z}_n(z)$ admettent dans D les valeurs exceptionnelles a_1, a_2, b_1, donc y forment une famille normale. Dorénavant nous ne considérerons qu'une suite partielle de la suite partielle précédente des n, telle que les $\mathrm{Z}_n(z)$ tendent vers une limite $\mathrm{Z}_0(z)$ dans D. Supposons par impossible $\mathrm{Z}_n(z) \to g$, constante ;

nous prenons $g \neq \infty$, $a_2 \neq \infty$, et au besoin par un échange de a_1 et a_2 nous prenons $g \neq a_2$. Soit Γ une courbe dans D près de B_2 et entourant B_2 ; l'image de Γ entoure a_2, donc $\arg[Z_n(z) - a_2]_\Gamma = 2\pi$, ce qui contredit $Z_n(z) \to g$ uniformément sur Γ.

Une légère modification d'un raisonnement classique ([5]) établit que la fonction $Z = Z_0(z)$, univalente dans D, représente D sur Δ. Les méthodes de Carathéodory ou de M. Montel montrent que la représentation est biunivoque et continue dans les fermetures de D et Δ.

TOPOLOGIE. — *Sur les obstacles réduits de H. Hopf.* II. Note de M. **Carlos A.A. de Carvalho**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note fait suite à une Note antérieure ([1]). Conditions sur l'existence de la surfibration. Compléments aux résultats de ([1]) en spécifiant la dimension de la fibre de l'espace fibré des fibres.

Reprenons les notations de ([1]) : $\mathcal{F}'(E', B, P', F', G')$ est une structure fibrée donnée sur E' et $\mathcal{F}(E, B, P, F, G)$ est une structure fibrée donnée sur E. Supposons qu'il existe une structure fibrée $\mathcal{F}''(F', F, p, F'', G'')$ définissant F comme un espace fibré qui est appelé *espace fibré des fibres*. S'il existe une surfibration $\mathcal{F}''(E', E, P'', F'', G'')$ sur E', un élément quelconque $h' \in H'$ définit alors une *représentation* de $\overline{\mathcal{F}}''$ dans $\mathcal{F}''$ et $\bar{h}'' \to h'\bar{h}''$ est une représentation de $\overline{H}''$ dans H'', où H', $\overline{H}''$, H'' sont les espaces fibrés principaux associés respectivement à $\mathcal{F}'$, $\overline{\mathcal{F}}''$, $\mathcal{F}''$. D'après un résultat de Ch. Ehresmann ([2]), une telle représentation correspond à une section de l'espace $H''\overline{H}''^{-1}$, considéré comme espace fibré de base F et de fibre H''. Une surfibration $\mathcal{F}''$ n'existe donc pas toujours.

Considérons maintenant l'espace fibré des fibres en supposant que : 1° F est une variété compacte orientable V^n telle que $\pi_q(V^n) = 0$ pour $1 < q < k$; 2° $\pi_q(F') = 0$ pour $q < n + k - 1$; 3° $F'' = G''/U''$, où U'' est un sous-groupe connexe du groupe de Lie compact connexe G''. L'application du théorème de Gysin qui a été faite dans ([1]) pour obtenir $H_k(F) \approx H_n(F)$, n'est plus nécessaire dans le cas où la dimension de F'' est $n - 1$. Dans ce cas on a le diagramme :

$$\begin{array}{ccc} \pi_{n+k-1}(F') & \xrightarrow{p^*} & \pi_{n+k-1}(F) \\ \Phi \downarrow & & \downarrow \rho \\ H_{n+k-1}(F') & \xleftarrow{\rho'} & H_k(F), \end{array}$$

([5]) C. Carathéodory, *Conformal Représentation*, Cambridge, 1952, 120-121.

([1]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 867.

([2]) *Colloque de Topologie* (Espaces fibrés), C. B. R. M., Bruxelles, 1950, p. 29-55.

où ρ' est l'homomorphisme inverse de Hopf, Φ est l'isomorphisme de Hurewicz, et l'homomorphisme de Hopf ρ est supposé non trivial. A partir d'un élément α de $\pi_{n+k-1}(F')$, classe d'homotopie d'une application $f: S^{n+k-1} \to F'$, on arrive par application de ρp^* à la classe d'homologie de $pf(C_k)$, où C_k est une chaîne à k dimensions de S^{n+k-1} dont le bord est $(pf)^{-1}(x)$, x étant un point de F. Mais, l'homomorphisme ρ' appliqué à $\rho p^*(\alpha)$ associe à $pf(C_k)$ un cycle à $n+k-1$ dimensions qui, d'après l'isomorphisme Φ peut être considéré comme $f'(u_{n+k-1})$, où u_{n+k-1} est le générateur du groupe $H_{n+k-1}(S^{n+k-1})$ et pf' est homotope à pf. Il en résulte donc que si $\rho p^*(\alpha) = 0$ alors $p^*(\alpha) = 0$.

Nous pouvons résumer les résultats obtenus dans un théorème qui généralise le théorème 1 de ([1]).

THÉORÈME 3. — *Si la dimension de la fibre de l'espace fibré des fibres est $k-1$ ou $n-1$ et si le noyau de l'homomorphisme p^* est nul, alors l'homomorphisme ρp^* a aussi un noyau nul. Si la dimension est $k-1$, ρ est un homomorphisme sur; si elle est $n-1$, ρ' est un homomorphisme sur.*

Supposons que B est un polyèdre de dimension $n+k$ et que $\mathcal{F}'$ et $\mathcal{F}$ sont des structures fibrées orientables (au sens de Steenrod). Supposons en plus qu'il existe la surfibration $\mathcal{F}''$ en admettant que les groupes d'homotopie de H'' sont nuls jusqu'à la dimension $n-1$. L'homomorphisme induit par ρp^* entre le groupe de cochaînes de B à $n+k$ dimensions et à coefficients dans $\pi_{n+k-1}(F')$, $C^{n+k}(B, \pi_{n+k-1}(F'))$, et le groupe $C^{n+k}(B, H_k(F))$, applique l'obstacle $c(f')$ sur l'obstacle réduit $or(f)$, où f' est une section de $\mathcal{F}' | B^{n+k-1}$ et $f = P''f'$. Le théorème 2 de ([1]) peut être alors énoncé sous une forme plus générale.

THÉORÈME 4. — *La classe caractéristique réduite $cr(\mathcal{F}, \mathcal{F}')$ est l'image par l'homomorphisme induit par ρp^* de la classe caractéristique de Whitney-Steenrod, $c(\mathcal{F}')$. Dans les hypothèses du théorème 3, $cr(\mathcal{F}, \mathcal{F}')$ est nulle si et seulement si $c(\mathcal{F}') = 0$.*

Si l'espace fibré des fibres est un espace fibré principal (donc $n+k-1$ — universel), $H'' = E'$ et pour avoir $\pi_q(H'') = 0$ pour $q < n$, il suffit de supposer que $\pi_q(B) = 0$ pour $q < n$. Dans ce cas, si $k < n$ une section g quelconque de $\mathcal{F} | B^{n+k-1}$ est telle que $g | B^k$ est homotope à $f | B^k$. D'après la formule de Hopf, $or(f)$ et $or(g)$ sont des cocycles de $cr(\mathcal{F}, \mathcal{F}')$. On a ainsi :

THÉORÈME 5. — *Si l'espace fibré des fibres est un espace fibré principal, si l'homotopie de B est triviale jusqu'à la dimension $n-1$, et si $k < n$, la classe caractéristique réduite est un invariant de la structure fibrée $\mathcal{F}$. Si de plus sont satisfaites les hypothèses du théorème 3, la condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe une section de $\mathcal{F}$ est que $cr(\mathcal{F}, \mathcal{F}') = 0$.*

Application. — 1° Lorsque la dimension de F'' est $k-1$, le théorème 5 s'applique aux structures fibrées $\mathcal{F}$ dont la fibre est un espace projectif complexe, ou un espace projectif quaternionien, et dont la base B a l'homotopie triviale jusqu'à la dimension $n-1$.

2° Lorsque la dimension de F'' est $n-1$, les théorèmes 4 et 5 s'appliquent notamment au cas où F'' est un produit des sphères $S^{k-1}\times S^{n-k}$.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les espaces symétriques harmoniques de Walker.* Note (*) de M. **Raymond Couty**, présentée par M. Joseph Pérès.

Les espaces de Walker ([1]) admettent des 2-formes à dérivée covariante nulle de rang maximum. L'exemple défini positif peut être réalisé dans le cas compact par SU(3)/U(2).

1. Walker a déterminé les variétés riemanniennes de dimension 4 qui sont à la fois symétriques et harmoniques et admettent une signature quelconque.

En dehors des espaces à courbure constante, il obtient les 3 métriques (K, constante réelle) :

$$\text{(I)}\quad \begin{aligned} ds^2 = {} & f^{-2}[(dx^1)^2+(dx^2)^2+(dx^3)^2+(dx^4)^2] \\ & +\frac{1}{2}Kf^{-2}[x^3\,dx^1+x^4\,dx^2-x^1\,dx^3-x^2\,dx^4]^2 \\ & +\frac{1}{2}Kf^{-2}[x^4\,dx^1-x^3\,dx^2+x^2\,dx^3-x^1\,dx^4]^2 \\ & \left(\text{avec } f=1+\frac{K}{2}[(x^1)^2+(x^2)^2+(x^3)^2+(x^4)^2]\right), \end{aligned}$$

$$\text{(II)}\quad ds^2=2f^{-2}(dx^1\,dx^2+dx^3\,dx^4)+2Kf^{-2}(x^4\,dx^1-x^1\,dx^4)(x^3\,dx^2-x^2\,dx^3)$$
$$[\text{avec } f=1+K(x^1x^2+x^3x^4)],$$

$$\text{(III)}\quad ds^2=K(x^2\,dx^1-x^1\,dx^2)^2+2\,dx^1\,dx^3+2\,dx^2\,dx^4;$$

où (I) est définie positive, tandis que (II) et (III) sont de signature O; les métriques (I) et (II) se déduisent l'une de l'autre par un changement imaginaire de variables, (I) fournit le seul exemple ([2]) d'espace harmonique de dimension 4, à métrique définie positive qui ne soit pas à courbure constante. On se propose d'étudier les formes à dérivée covariante nulle relatives à (I), (II) et (III).

2. En introduisant les variables complexes

$$z^1=x^1+ix^2,\qquad z^2=x^4+ix^3;$$
$$z^{1*}=x^1-ix^2,\qquad z^{2*}=x^4-ix^3;$$

(I) peut être mis sous forme hermitique

$$ds^2=f^{-2}b^{-1}(b\,dz^1-c\,dz^2)(b\,dz^{1*}-c^*\,dz^{2*})+f^{-1}b^{-1}\,dz^2\,dz^{2*}$$
$$\left[\text{avec}\quad f=1+\frac{K}{2}(z^1z^{1*}+z^2z^{2*})\right]$$

(*) Séance du 22 novembre 1954.

([1]) *J. London Math. Soc.*, 21, 1946, p. 47-57.

([2]) Lichnerowicz, *Bull. Soc. Math. Fr.*, 72, 1944, p. 1-23 et Walker, *J. London Math. Soc.*, 23, 1948, p. 21-28.

et en posant

$$b = 1 + \frac{K}{2} z^2 z^{2*}, \qquad c = \frac{K}{2} z^1 z^{2*} \qquad c^* = \frac{k}{2} z^{1*} z^2.$$

La forme quadratique extérieure F associée à la métrique

$$F = f^{-2} b^{-1} (b\, dz^1 - c\, dz^2) \wedge (b\, dz^{1*} - c^*\, dz^{2*}) + f^{-1} b^{-1} dz^2 \wedge dz^{2*}$$

est fermée; par suite (I) est kählérien et F est la seule forme à dérivée covariante nulle [3] non triviale.

D'autre part, on a [4]

$$R_{ij} = -3 K g_{ij}$$

et le cas compact correspond à $K > 0$; (I) est alors la métrique d'un espace compact hermitien symétrique, harmonique et peut être réalisé par l'espace homogène SU(3)/U(2) qui, puisque le groupe d'isotropie opère transitivement sur les directions est nécessairement harmonique, donc identique à (I), d'après une remarque du paragraphe 1 [5].

3. Dans le cas (II) dont le ds^2 peut s'écrire

$$ds^2 = 2 f^{-2} \beta^{-1} (\beta\, dx^2 - \delta\, dx^3)(\beta\, dx^1 - \gamma\, dx^4) + 2 f^{-1} \beta^{-1} dx^3\, dx^4$$

(en posant $\beta = 1 + k x^3 x^4$, $\gamma = k x^1 x^3$, $\delta = k x^2 x^4$)

il n'existe aussi comme forme à dérivée covariante nulle non triviale que la forme associée

$$F = 2 f^{-2} \beta^{-1} (\beta\, dx^2 - \delta\, dx^3) \wedge (\beta\, dx^1 - \gamma\, dx^4) + 2 f^{-1} \beta^{-1} dx^3 \wedge dx^4$$

4. Dans le cas (III), φ désignant une forme à dérivée covariante nulle, on a un espace à deux dimensions de 1-formes φ, défini par $\varphi_3 = \varphi_4 = 0$ et pour les 2-formes φ, la solution générale

$$\varphi_{34} = 0 \qquad (\varphi_{23},\ \varphi_{14},\ \varphi_{13},\ \text{constantes arbitraires});$$

$$\varphi_{24} = -\varphi_{13}, \qquad \varphi_{12} = \frac{K}{2}\left[(x^1)^2 \varphi_{14} - 2 x^1 x^2 \varphi_{13} - (x^2)^2 \varphi_{23} + C\right], \qquad (\text{C constante arbitraire}).$$

En particulier, en écrivant le ds^2 sous la forme

$$ds^2 = dx^1 [K (x^2)^2 dx^1 - 2 K x^1 x^2 dx^2 + 2 dx^3] + [K (x^1)^2 dx^2 + 2 dx^4] dx^2.$$

On a la forme quadratique extérieure associée qui est à la dérivée covariante nulle :

$$-2 K x^1 x^2 dx^1 \wedge dx^2 + 2 dx^1 \wedge dx^3 + 2\, dx^4 \wedge dx^2$$

Les seules 3-formes φ se déduisent des précédentes par produit extérieur.

---

(3) LICHNEROWICZ, *Colloque de géométrie différentielle*, Louvain, 1951, p. 107.

(4) En utilisant la normalisation d'Eisenhart.

(5) BOREL et LICHNEROWICZ, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2332; WILMORE, *Colloque de géométrie différentielle*, Strasbourg, 1953, p. 89-95; Mlle RENAUDIE, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 199.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Exemples de surfaces de Brauer.*

Note (*) de M. **François Chatelet**, présentée par M. René Garnier.

1. Dans une Note précédente (1), j'ai montré que les méthodes de mon Mémoire, *Variations sur un thème de Poincaré* (2) peuvent être appliquées aux surfaces cubiques S qui vérifient la propriété suivante :

(*a*) *Il existe sur* S *un réseau homaloïdal de cubiques gauches qui forme un ensemble rationnel.*

Il est malaisé de construire toutes les surfaces cubiques qui vérifient cette propriété. Un résultat de M. Amitsur (3) suggère de construire seulement les surfaces A qui contiennent en outre trois points doubles coniques.

Si une surface contient trois points doubles coniques, elle peut être représentée birationnellement sur un plan de manière que les six points fondamentaux possèdent les propriétés suivantes : trois des points fondamentaux a_1, a_2, a_3 correspondent aux droites qui joignent les points doubles de la surface ; les trois autres points a_4, a_5, a_6 sont situés respectivement sur les droites a_2a_3, a_3a_1, a_1a_2.

Si la surface est définie par une équation à coefficients rationnels, la représentation peut ne pas avoir ses coefficients rationnels. Ces coefficients sont alors dans un corps normal K engendré par les racines d'une équation du troisième degré à coefficients rationnels. Chaque élément du groupe de Galois G de K correspond à une permutation des trois points doubles, donc, encore à une permutation des indices 1, 2, 3.

Grâce à ces propriétés, la condition (*a*) est équivalente, pour les surfaces cubiques, ayant trois points doubles coniques, à la condition suivante :

(*b*) *à chaque élément* φ *du groupe de Galois* G *correspond une transformation homographique du plan qui transforme les points fondamentaux* a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6 *respectivement en* $\varphi(a_i)$, $\varphi(a_j)$, $\varphi(a_k)$, $\varphi(a_{i+3})$, $\varphi(a_{j+3})$, $\varphi(a_{k+3})$, *si* φ *correspond à la permutation des indices* 1, 2, 3 en i, j, k.

La recherches des configurations de six points d'un plan qui vérifient la condition (*b*) est assez aisée et permet de construire toutes les surfaces A.

2. Voici un exemple précis de surface A correspondant à une équation du troisième degré (non cyclique) dont les trois racines sont désignées par η_1, η_2, η_3. Elle peut être définie dans l'espace Oxyz par l'équation

$$(x + \eta_1 y + \eta_1^2 z)(x + \eta_2 y + \eta_2^2 z)(x + \eta_3 y + \eta_2^3 z)$$
$$= x(\eta_1^2 + \eta_2^2 + \eta_3^2) + y(\eta_1^3 + \eta_2^3 + \eta_3^3) + z(\eta_1^4 + \eta_2^4 + \eta_3^4) + 2\eta_1\eta_2\eta_3.$$

(*) Séance du 29 novembre 1954.

(1) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 268.

(2) *Ann. Sc. Éc. Norm. Sup.*, 3e série, 61, 1944, p. 249-300.

(3) Mémoire en cours d'impression aux *Annals of Mathematics*.

Cette surface peut être associée à l'algèbre centrale simple (algèbre de Brauer) définie par le système de facteurs :

$$\begin{aligned}
c(\varphi_1, \varphi_1) &= c(\varphi_2, \varphi_1) = c(\varphi_3, \varphi_1) = c(\psi_1, \varphi_1) = c(\psi_2, \varphi_1) \\
&= c(\varphi_2, \varphi_2) = c(\varphi_3, \varphi_3) = c(\varphi_3, \psi_1) = c(\varphi_2, \psi_2) = 1, \\
c(\varphi_1, \varphi_2) &= c(\psi_2, \varphi_2) = c(\varphi_1, \psi_2) = c(\psi_2, \psi_2) = \eta_1^2 \eta_3^{-2}, \\
c(\varphi_3, \varphi_2) &= c(\psi_1, \varphi_2) = c(\varphi_3, \psi_2) = c(\psi_1, \psi_2) = \eta_3^2 \eta_1^{-2}, \\
c(\varphi_1, \varphi_3) &= c(\psi_1, \varphi_3) = c(\varphi_1, \psi_1) = c(\psi_1, \psi_1) = \eta_3^2 \eta_2^{-2}, \\
c(\varphi_2, \varphi_3) &= c(\psi_2, \varphi_3) = c(\varphi_2, \psi_1) = c(\psi_2, \psi_1) = \eta_2^2 \eta_3^{-2};
\end{aligned}$$

où φ_1 est l'élément du groupe de Galois G de K qui change η_1 en η_2 et laisse invariant η_3, φ_2 est l'élément de G qui change η_2 en η_3 et laisse invariant η_1, φ_3 est l'élément de G qui change η_1 en η_3 et laisse invariant η_2, ψ_1 est l'élément de G qui permute circulairement η_1, η_2, η_3 et ψ_2 est l'élément de G qui permute circulairement η_1, η_3, η_2.

3. Les méthodes précédentes peuvent être généralisées à certaines variétés de degré n et de dimension $n-1$ dans un espace de dimension n qui contiennent un ensemble convenable de n hyperespaces singuliers.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les connexions hermitiennes* (¹).

Note de Mlle **Paulette Libermann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Après avoir défini dans une famille de connexions hermitiennes une sous-famille de connexions conformes, on étudie les structures presque hermitiennes n-isotropes en précisant certains résultats obtenus antérieurement (²).

1. Soit sur une variété V_{2n}, de classe C^3, une structure presque hermitienne $\mathfrak{H}$ subordonnée à une structure presque complexe S; soient F, Φ, Ω la métrique riemannienne, la forme d'Hermite, la forme différentielle extérieure associées à $\mathfrak{H}$. Localement on peut écrire : $F = \Sigma\omega^s\overline{\omega}^s$, $\Omega = i\Sigma\omega^s \wedge \overline{\omega}^s$. Une connexion *vectorielle* $\mathcal{C}'$ associée à $\mathfrak{H}$ est déterminée par une application π' de la variété T(H) des vecteurs tangents à $H(V_{2n})$ (variété des repères unitaires) dans l'algèbre de Lie $L(U_n)$, π' étant définie localement par n^2 formes différentielles complexes ω_l^s telles que $\overline{\omega}_l^s + \omega_s^l = 0$; à toute connexion $\mathcal{C}'$ correspond une connexion affine $\mathcal{C}$ (ou connexion *hermitienne*) déterminée par une application π de T(H) dans $L(G_n)$ (où G_n est le groupe affine dont U_n est le plus grand sous-groupe laissant fixe O), définie localement par l'ensemble des ω^s et

(¹) Cette Note fait suite à une série de Notes antérieures désignées par [A], [B], [C] (C. Ehresmann et P. Libermann, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 420; 229, 1949, p. 697; 232, 1951, p. 1281), [D], [E], [F] (P. Libermann, *ibid.*, 233, 1951, p. 17; 234, 1952, p. 395 et 2517). *Voir* également P. Libermann, *Thèse*, 1953; *Annali Mat.*, 36, 1954.

(²) P. Libermann, *Convegno Int. Geom. Diff. Bologne*, 1953, p. 234-246.

des ω_l^s. La donnée de la torsion détermine la connexion hermitienne. Outre la connexion $\mathcal{C}_{0,0}$ introduite dans [C], définie localement par les formes ω^s et ω_l^s vérifiant les équations :

$$(1)\qquad \left\{\begin{array}{lll} d\omega^s = \Sigma\omega^l \wedge \omega_l^s + \Sigma A_{lh}^s \omega^l \wedge \omega^h + \Sigma B_{lh}^s \overline{\omega}^l \wedge \overline{\omega}^h, \\ \omega_l^s + \overline{\omega}_s^l = 0, \qquad A_{lh}^s + A_{hl}^s = 0, \qquad B_{lh}^s + B_{hl}^s = 0 \end{array}\right\} (s = 1, \ldots, n)$$

(où les formes $\Omega^s = \Sigma A_{lh}^s \omega^l \wedge \omega^h$, $\Gamma^s = \Sigma B_{lh}^s \overline{\omega}^l \wedge \overline{\omega}^h$ définissent respectivement la première et la deuxième torsion de $\mathcal{C}_{0,0}$), nous considérerons la famille $\mathcal{F}$ de connexions hermitiennes $\mathcal{C}_{a,b}$ telles que $\mathcal{C}_{a,b}$ soit définie localement par les formes ω^s et $(\omega_l^s)_{a,b} = \omega_l^s + a\Sigma(A_{lh}^s \omega^h - \overline{A}_{sh}^l \overline{\omega}^h) + ib\Sigma(A_{lh}^s \omega^h + \overline{A}_{sh}^l \overline{\omega}^h)$, où a et b sont des constantes réelles; d'où pour la torsion :

$$(2)\qquad (\Omega^s)_{a,b} = \Sigma\left[(1 - a - ib) A_{lh}^s \omega^l \wedge \omega^h + (a - ib)\overline{A}_{sh}^l \omega^l \wedge \overline{\omega}^h\right]$$

et $(\Gamma^s)_{a,b} = \Gamma^s$ (les formes Γ^s définissent la torsion de la structure S). La courbure de $\mathcal{C}_{a,b}$ est définie par les formes $(\Omega_l^s)_{a,b} = d(\omega_l^s)_{a,b} - \Sigma(\omega_l^t)_{a,b} \wedge (\omega_t^s)_{a,b}$. La connexion $\mathcal{C}_{1,0}$ est *induite par la connexion riemannienne* ([3]). Pour que deux connexions $\mathcal{C}_{a,b}$ et $\mathcal{C}_{a',b'}$ coïncident, il faut et il suffit que $\Omega^s = 0$, ce qui a lieu notamment si $d\Omega = 0$; *alors toutes les connexions de $\mathcal{F}$ coïncident*; si de plus $\mathbb{O}$ est pseudokählérienne ($d\Omega = 0$, $\Gamma^s = 0$), $\mathcal{C}_{a,b}$ coïncide avec la connexion riemannienne associée à F.

Soit $\mathbb{O}_\lambda$ la structure presque hermitienne déterminée par la donnée de S et de la métrique λF (où λ, réel positif, est une fonction différentiable de $x \in V_{2n}$); à $\mathbb{O}_\lambda$ sont associées les formes $\lambda\Phi$ et $\lambda\Omega$. Si λ n'est définie que dans un ouvert $U \subset V_{2n}$, il en est alors de même de $\mathbb{O}_\lambda$. La structure $\mathbb{O}_\lambda$ peut être déterminée localement par les formes $\hat{\omega}^s = \mu\omega^s$ (avec $\mu^2 = \lambda$), la connexion $\hat{\mathcal{C}}_{a,b}$ associée à $\mathbb{O}_\lambda$ est alors définie localement par les formes $\hat{\omega}^s$ et

$$(3)\qquad (\hat{\omega}_l^s)_{a,b} = (\omega_l^s)_{a,b} + \delta_l^s\left[(1 - 2a)i\mathrm{C}\frac{d\mu}{\mu} - 2bi\frac{d\mu}{\mu}\right]$$

où C, opérateur sur les formes de Pfaff associé à la structure S (*cf.* [E]), est défini par $\mathrm{C}\theta = -i\theta$, $\mathrm{C}\overline{\theta} = i\overline{\theta}$. On a, pour la courbure

$$(4)\qquad (\hat{\Omega}_l^s)_{a,b} = (\Omega_l^s)_{a,b} + \delta_l^s (1 - 2a)\, di\mathrm{C}\frac{d\mu}{\mu}.$$

Donc *toute connexion $\mathcal{C}_{1/2,b}$ associée à $\mathbb{O}$ jouit de la propriété suivante : la connexion de même type $\hat{\mathcal{C}}_{1/2,b}$ associée à $\mathbb{O}_\lambda$ admet les mêmes formes de courbure que $\mathcal{C}_{1/2,b}$*. Par suite pour les connexions $\mathcal{C}_{1/2,b}$ (qui seront appelées *hermitiennes conformes*), la courbure conforme (définie dans [D]) peut être identifiée à la

([3]) A. Lichnerowicz, *Arch. der Math.*, 5, 1954, p. 207-215.

courbure. En particulier pour que Φ soit « conformément intégrable » (c'est-à-dire pour que tout point de V_{2n} admette un voisinage U dans lequel est définie une structure Φ_{λ_U} intégrable), il faut et il suffit que la torsion conforme et la courbure d'une connexion $\mathcal{C}_{1/2,b}$ soient nulles ; on en déduit :

THÉORÈME 1. — *Si la structure Φ est « conformément intégrable » le groupe d'holonomie homogène restreint $(\sigma_x)_{a,b}$* [3] *de toute connexion conforme $\mathcal{C}_{1/2,b}$ se réduit à l'identité.*

Parmi les connexions $\mathcal{C}_{1/2,b}$ la connexion $\mathcal{C}_{1/2,0}$ jouit de la propriété suivante : *la connexion vectorielle $\hat{\mathcal{C}}'_{1/2,0}$ associée à Φ_λ est identique à la connexion vectorielle $\mathcal{C}'_{1/2,0}$ associée à Φ.* On a : $(\Omega^s)_{1/2,0} = \Sigma\omega^l \wedge \varphi^s_l$ avec $\overline{\varphi}^s_l = \varphi^l_s$.

2. Soit $\psi_{a,b} = i\Sigma(\Omega^s_s)_{a,b} = i\,d\Sigma(\omega^s_s)_{a,b}$. On a :

$$\psi_{a,b} = \psi_{0,0} + \frac{a}{2}\, d\delta\Omega + \frac{b}{2}\, d\tilde{\delta}\Omega, \tag{5}$$

où $\tilde{\delta}\Omega = -2\,\Sigma(A^s_{sh}\omega^h + \overline{A}^s_{sh}\overline{\omega}^h)$ = codifférentielle de Ω relativement à $\Omega([B])$, $\delta\Omega = C\,\tilde{\delta}\Omega$ = codifférentielle de Ω relativement à F. On a : $-2\,\pi\psi_{a,b} \sim -2\,\pi\psi_{0,0}$ et la classe de cohomologie est la $n^{\text{ième}}$ *classe de Chern*. Si Φ est pseudokählérienne, $\psi_{a,b}$ est la forme extérieure associée au tenseur de Ricci de la connexion riemannienne. La structure presque hermitienne Φ sera dite *n-isotrope relativement à $\mathcal{C}_{a,b}$* [2] si $\psi_{a,b} = \rho\Omega$; si Φ est n-isotrope pour toute $\mathcal{C}_{1/2,b}$, elle sera dite *n-isotrope*. Si $\psi_{a,b} = \rho\Omega$ avec $\rho \neq 0$ en tout point, Ω admet un facteur intégrant global et $\tilde{\delta}\Omega$ est homologue à $0([B])$; on en déduit que si $\psi_{1/2,b} = \rho\Omega\,(\rho \neq 0)$, Φ est n-isotrope de même que la structure presque kählérienne $\Phi_{|\rho|}$. Inversement si Φ est n-isotrope, d'après (5), on a $d\tilde{\delta}\Omega = \rho'\Omega$; or $d\tilde{\delta}\Omega \sim \Omega^{n-1} = 0([B])$; donc $d\tilde{\delta}\Omega = 0$; si, de plus, $\tilde{\delta}\Omega \sim 0\,(\tilde{\delta}\Omega = -2(n-1)(d\lambda/\lambda))$, $\lambda\Omega$ est cofermée et pour la structure Φ_λ, quels que soient a et b', $\hat{\psi}_{a,b'} = \psi_{1/2,b}$; d'où :

THÉORÈME 2. — *Soit sur V_{2n} une structure presque hermitienne Φ n-isotrope. 1° Si $\psi_{1/2,b} \neq 0$, en tout $x \in V_{2n}$, il existe sur V_{2n} une structure presque kählérienne Φ_λ n-isotrope ; si Φ est, de plus, pseudohermitienne, Φ_λ est pseudokählérienne et la métrique riemannienne λF est une métrique d'Einstein. 2° Si $\psi_{1/2,b} = 0$, on a : $\psi_{1/2,b'} = 0$ quel que soit b'. Si, de plus, $\tilde{\delta}\Omega \sim 0$, il existe une structure Φ_λ telle que $\lambda\Omega$ soit cofermée et pour laquelle $\hat{\psi}_{a,b} = 0$, quels que soient a et b.*

Si Φ est pseudohermitienne, d'après un raisonnement de A. Lichnerowicz [3], la condition $\psi_{a,b} = 0$, entraîne que le groupe $(\sigma_x)_{a,b}$ est sous-groupe de SU_n.

On obtiendrait des résultats analogues aux précédents pour les structures presque parahermitiennes ([F]) ; de plus, pour $\mathcal{C}_{1/2,1/2}$ et $\mathcal{C}_{1/2,-1/2}$ la différentielle covariante de la torsion est nulle pour les structures parahermitiennes.

RELATIVITÉ. — *Remarques en théorie unitaire de Thiry.*

Note (*) de Mme **Françoise Hennequin**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Interprétation dans l'espace temps des conditions d'isothermie pentadimensionnelles. 2. Introduction d'une masse conservative.

1. Nous considérons une variété riemannienne à cinq dimensions susceptible de représenter un champ unitaire de Thiry ([1]). Nous appellerons coordonnées isothermes sur V_5 des coordonnées telles que

$$\Phi^\lambda = -\gamma^{\alpha\beta}\Gamma^\lambda_{\alpha\beta} = \frac{1}{\sqrt{\gamma}}\partial_\alpha(\gamma^{\alpha\lambda}\sqrt{\gamma}).$$

Comme en relativité générale, ces coordonnées permettent d'isoler dans chaque équation du champ les dérivées secondes d'un potentiel. Nous nous proposons de traduire ces conditions dans la variété espace-temps V_4 associée, de métrique g_{ij}. On a

$$\gamma_{00} = -\xi^2,$$
$$\gamma_{0i} = \beta\gamma_{00}\varphi_i = -\xi^2\beta\varphi_i,$$
$$g_{ij} = \gamma_{ij} - \frac{\gamma_{i0}\gamma_{j0}}{\gamma_{00}}.$$

Il vient

$$|\gamma_{ij}| = |\gamma| = \gamma_{00}|g_{ij}| = -\xi^2 g,$$
$$\gamma^{ij} = g^{ij},$$
$$\gamma^{0i} = \beta g^{ij}\varphi_j = \beta\varphi^i.$$

Si l'on tient compte de ces relations et de l'isométrie de V_5 on obtient

$$\Phi^i = \frac{1}{\sqrt{\gamma}}\ \partial_\alpha(\gamma^{\alpha i}\sqrt{\gamma}) = \frac{1}{\xi\sqrt{|g|}}\partial_i(\gamma^{ij}\sqrt{|\gamma|}) = \frac{1}{\xi\sqrt{|g|}}\ \partial_i(g^{ij}\xi\sqrt{-g}) = 0,$$
$$\Phi^0 = \frac{1}{\sqrt{\gamma}}\partial_\alpha(\gamma^{\alpha 0}\sqrt{|\gamma|}) = \frac{1}{\xi\sqrt{|g|}}\ \partial_i(\gamma^{i0}\sqrt{\gamma}) = \frac{1}{\xi\sqrt{-g}}\partial_i(\beta\varphi^i\sqrt{-g}\,\xi) = 0$$

Les conditions $\Phi^i = 0$ sont une généralisation des conditions qui déterminent les coordonnées isothermes de V_4 (celles-ci sont obtenues pour $\xi = 1$).

La condition $\Phi^0 = 0$ fixe la transformation de jauge dont dépend le potentiel électromagnétique et généralise la condition introduite par Lorentz.

(*) Séance du 22 novembre 1954.

([1]) Y. Thiry, *Thèse*, 1951, p. 29.

Les conditions d'isothermie sur V_5 entraînent donc, outre des conditions voisines des conditions d'isothermie sur V_4, une condition précisant le potentiel vecteur électromagnétique. Ceci montre l'existence de coordonnées isothermes sur V_5.

2. Considérons un champ unitaire de Y. Thiry. Les équations du champ sont

$$R_{\alpha\beta} - \frac{1}{2} g_{\alpha\beta} R = \Theta_{\alpha\beta} = \tau u_\alpha u_\beta.$$

Soit D la dérivée covariante dans la métrique riemannienne $d\sigma^2 = \gamma_{\alpha\beta}\, dx^\alpha dx^\beta$. Les équations de conservation sont

$$D_\alpha(ru^\alpha) u_\beta + ru^\alpha D_\alpha u_\beta = 0 \qquad \beta = 0.\ 1.\ 2.\ 3.\ 4.$$

Un système équivalent au précédent est formé par

$$D_\alpha(ru^\alpha) = 0, \qquad u^\alpha D_\alpha u_0 = 0, \qquad u^\alpha D_\alpha u_A = 0 \qquad (A = 1,\ 2,\ 3);$$

$u^\alpha D_\alpha u_0 = u^\alpha \partial_\alpha u_0 + u^\alpha \Gamma^\rho_{\alpha 0} u_\rho = u^\alpha \partial_\alpha u_0 = u^i \partial_i u_0 = 0$, u_0 est donc constant le long d'une ligne de courant $U_0 = h$.

$u^\alpha D_\alpha u_A = 0$ représente les équations du mouvement

$$D_\alpha(ru^\alpha) = \partial_\alpha(ru^\alpha \sqrt{\gamma}) = \partial_i\left(r \frac{dx^i}{dt}\frac{dt}{d\sigma}\sqrt{\gamma}\right) = \frac{d}{dt}\left(r\frac{dt}{d\sigma}\sqrt{\gamma}\right) = \frac{d}{dt}(ru^4\sqrt{\gamma}).$$

Posons $m = ru^4\sqrt{\gamma}$, on a alors $dm/dt = 0$.

Interprétation de cette masse dans V_4, on a

$$\sqrt{\gamma} = \xi\sqrt{-g}, \qquad \frac{dt}{d\sigma} = \frac{dt}{ds}\sqrt{1 + \frac{h^2}{\xi^2}} \qquad \text{et} \qquad r = \frac{\chi_0 \rho}{\xi\left(1 + \frac{h^2}{\xi^2}\right)} \quad (^2),$$

χ_0, facteur de gravitation des équations de la Relativité générale dans V_4.
ρ, facteur massique de V_4;
donc

$$m = \frac{\chi_0}{\sqrt{1 + \frac{h^2}{\xi^2}}}\left(\rho \frac{dt}{ds}\sqrt{-g}\right).$$

Pour $h = 0$ la masse ainsi introduite se réduit (au facteur de gravitation près) à la masse utilisée en Relativité générale ([3]).

([2]) A. Lichnerowicz, Cours professé au Collège de France, 1953-1954.
([3]) F. Hennequin, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1464.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Le mouvement brownien à $n=2p+1$ paramètres.* II. Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Emile Borel.

Dans une Note récente ([1]), dont il conserve les notations, l'auteur a étudié surtout les cas où $n=3$ ou 5. Une nouvelle méthode lui permet de compléter les indications données relativement au cas où n est un nombre impair quelconque. Deux remarques [([2]) et ([3])] concernent le cas où n est pair, cas où, pour une raison déjà indiquée, le problème posé dans la première Note est beaucoup plus difficile.

Dans notre première Note, la covariance $\Gamma(t, t')$ de la fonction aléatoire $M(t)=\overline{M}(t)-\overline{M}(0)$ a été exprimée en fonction d'une moyenne ρ_n, qu'on peut définir par la formule

$$(1)\qquad \omega_n t^{n-1}\rho_n = U(A)=\int_S r\,dS,$$

où la surface S, lieu du point M, est une sphère de centre O et de rayon t; son aire est $\omega_n t^{n-1}$; $t'=OA$, $r=AM$. Si $n=2p+1$, de

$$(2)\qquad \Delta^p U(A)=(-1)^{p-1}\frac{(2p)!}{(2p-1)}\int_S \frac{dS}{r^{n-2}},$$

et des propriétés connues du potentiel newtonien, on déduit que $\Gamma(t, t')$ a, pour $t'=t>0$, la même singularité que

$$(3)\qquad (-1)^{p-1}\frac{|t'-t|^n}{4nt^p t'^p}\quad ([2]),$$

c'est-à-dire que les dérivées d'ordre n de ces deux fonctions ont la même discontinuité, les dérivées d'ordres $<n$ étant continues. L'expression donnée pour $\Gamma(t, t')$ contenait d'ailleurs un polynome P de degré $p-1$; la condition que les dérivées d'ordres $1, 3, 5, \ldots, 2p-1$ soient continues conduit aisément, pour ses p coefficients, à des expressions relativement simples.

Désignons par $F_t[y]=0$ et $\mathcal{F}_t[y]=0$ les équations différentielles d'ordre $p+1$ (du type d'Euler, et où le coefficient de $y^{(p+1)}$ est supposé ramené à l'unité), qui ont respectivement pour solutions générales

$$(4)\qquad c_0+\sum_1^p c_k t^{1-2k} \quad \text{et} \quad c_0 t+\sum_1^p c_k t^{2k}.$$

Si on remplace $y^{(p+1)}(t)\,dt$ par $\delta y^{(p)}(t)$, les expressions $F\,dt$ et $\mathcal{F}\,dt$ conservent un sens si $y(t)$ est seulement p fois dérivable, ce qui est pr. s. le cas si

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1181.

([2]) Si $n=2p$, il faut en outre un facteur logarithmique, dont la racine carrée intervient dans la partie aléatoire de $\delta M(t)$; ce facteur a été omis dans notre première Note (lignes 5 et 6 du n° 3).

([3]) Ce caractère markovien semble subsister si $n=2p$; la dérivée d'ordre p n'existe pas, mais on peut définir une dérivée généralisée, ou introduire un caractère markovien généralisé impliquant qu'il n'y ait de souvenir que du passé immédiat.

$y(t) = M(t)$. D'après la formule (1) de notre première Note, on a

$$(5) \qquad F_t[\Gamma(t, u)] = \mathcal{F}_u[\Gamma(t, u)] = 0 \qquad (0 < u < t).$$

Comme $M(t)$ est une fonction aléatoire gaussienne, l'orthogonalité entraîne l'indépendance. On obtient donc l'équation différentielle stochastique

$$(6) \qquad F_t[M(t)]\,dt \equiv \partial \frac{d^p M(t)}{dt^p} + \ldots = a_n t^{-p} \xi_t \sqrt{dt} \qquad (dt > 0),$$

où ξ_t est une variable aléatoire gaussienne indépendante du passé, et une autre équation (6'), qu'on peut aussi déduire de (6), car le processus dont dépend $M(t)/\sqrt{t}$ est invariant par le changement de t en $1/t$. D'après ces équations, le vecteur $[M(t), M'(t), \ldots, M^{(p)}(t)]$ est une fonction aléatoire markovienne ([3]).

La fonction $M(t)$ est d'ailleurs la seule solution de (6) qui s'annule avec t. La solution générale de $F = 0$ étant connue, on peut appliquer la méthode de la variation des constantes sans même calculer les coefficients de F. On obtient ainsi pour $M(t)$ une expression de la forme

$$(7) \qquad M(t) = \int_0^t \left(1 - \frac{u}{t}\right)^p Q\left(\frac{u}{t}\right) \xi_u \sqrt{du},$$

où Q est un polynome de degré $p - 1$ ([4]). Il y a d'ailleurs intérêt à introduire la fonction $\Phi(t) = t^{n-2} M(t)$, dont, pour $t' \geqq t$, la covariance est un polynome en t et t'. On a alors

$$(8) \qquad \frac{d^p \Phi(t)}{dt^p} = \int_0^t R(t, u) \xi_u \sqrt{du},$$

R étant un polynome homogène de degré $p - 1$.

Ces formules résolvent, pour $M(t)$, et par suite pour $\overline{M}(t)$, le problème du prolongement vers la droite. Le prolongement vers la gauche de $M(t)$ se déduit de même de la formule (6'); mais celui de $\overline{M}(t)$ nécessite quelques calculs dont nous ne pouvons pas encore indiquer le résultat.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Relations entre lois limites*. Note de M. **Michel Loève**, présentée par M. Émile Borel.

La Note est consacrée aux relations entre des lois limites des sommes de variables aléatoires (v. a.) et les lois limites des extrema des v. a. sommées ainsi que les lois limites de certaines fonctions de ces v. a. ([1]). Ces relations demeurent valables pour des vecteurs aléatoires lorsque les symboles sont convenablement interprétés.

([4]) On a $Q^2(1) = (2p)!/2(p!)^2$, ce qui, compte tenu de (6), définit a_n et $\partial M(t)$. Les coefficients se calculent, indépendamment de ceux de P, en écrivant que, pour $t > u$, $2\Gamma(t, u)/(u - 1)$ est un polynome impair en u/t.

([1]) Des résultats partiels ont été données dans M. Loève, *Probability theory*, van Nostrand Co, New York, p. 315, 333.

Soient $\sum_k X_{nk} (k=1, \ldots, k_n, k_n \to \infty)$ des sommes de v. a. indépendantes pour chaque n fixé et qui convergent en probabilité vers zéro, uniformément en k; les limites sont prises pour $n \to \infty$. Désignons par (α, γ^2, L) la loi infiniment décomposable (i. d.) définie par sa seconde caractéristique (s. c.)

$$i\alpha u - \frac{1}{2}\gamma^2 u^2 + \int h(u, x)\, dL(x),$$

où l'intervalle d'intégration est la droite réelle sauf l'origine, L est une fonction de P. Lévy et $h(u, x) = \exp[iux] - 1 - iux/(1+x^2)$; les premières lettres des alphabets représentent des constantes réelles finies.

1° *Une suite complètement compacte de lois* $\mathcal{L}\left(\sum_k X_{nk} - a_n\right)$ *est asymptotiquement équivalente à une suite de lois i. d. à fonction de P. Lévy* L *si et seulement si,* (H) *les lois* $\mathcal{L}(\min_k X_{nk})$ *et* $\mathcal{L}(\max_k X_{nu})$ *convergent vers les lois à fonction de distribution (f. d.) respectives*

$$F_*(x) = 1 - \exp[-L(x)] \quad ou \quad 1$$

et

$$F^*(x) = 0 \qquad ou \qquad \exp[L(x)],$$

suivant que $x < 0$ *ou* $x > 0$.

Alors $\mathcal{L}(\max_k |X_{nk}|)$ *converge vers la loi à f. d.* $\overline{F}(x) = 0$ *ou* $\exp[L(x) - L(-x)]$, *suivant que* $x < 0$ *ou* $x > 0$.

2° $\mathcal{L}\left(\sum_k X_{nk} - a_n\right) \to (\alpha, \gamma^2, L)$ *pour des* a_n *convenablement choisies si, et seulement si,* (H) *a lieu et* $\sum_k \sigma^2_{nk}(\varepsilon_n) \to \gamma^2$ *où* $\sigma^2_{nk}(\varepsilon_n)$ *est la variance de la v. a.* X_{nk} *tronquée à* $\varepsilon_n > 0$ *laquelle converge suffisamment lentement vers* 0.

Dans ce qui suit, nous supposons que $\mathcal{L}\left(\sum_k X_{nk} - a_n\right) \to (\alpha, \gamma^2, L)$ et considérons des fonctions $y(x)$ [avec $y(0) = 0$] continues sur la droite réelle, et telles que (H') $y(x)/x \to c$ lorsque $x \to 0$. Soit $Y_{nk} = y(X_{nk} - a_{nk})$ où a_{nk} est l'espérance mathématique de la v. a. X_{nk} tronquée à $\delta > 0$ telle que $\pm\delta$ soient points de continuité de $L(x)$. Posons $\mathcal{M}_n = \mathcal{L}\left(\sum_k X_{nk} - b_n\right)$ où les b_n seront chaque fois convenablement choisies.

3° *Si* $y(x)$ *est croissante, alors* $\mathcal{M}_n \to (\beta, c^2\gamma^2, M)$ *où la fonction de P. Lévy* $M(x) = L(y_{-1}(x))$.

4° *Si* $y(x)$ *est décroissante pour* $x < 0$ (*fonction inverse* $-y_1(|x|)$), *et croissante pour* $x > 0$ (*fonction inverse* $y_2(x)$), *alors* $\mathcal{M}_n \to (\beta, 0, M)$ *où* $M(x) = 0$ *ou* $L(y_2(x)) - L(-y_1(x))$, *suivant que* $x < 0$ *ou* $x > 0$.

5° *Si* $ax \leq y(x) \leq bx$ *dans un voisinage de l'origine, alors* $\mathfrak{M}_n \to \mathfrak{M}$ *à s. c.*

$$i\beta u - \frac{1}{2}c^2\gamma^2u^2 + \int h(u, y(x))\, d\mathrm{L}(x).$$

Sans (H′) *il y a équivalence asymptotique de la suite* $\mathfrak{M}_n$ *à une suite complètement compacte de lois i. d. On a des conclusions similaires lorsque* $y(x) = \mathrm{O}(x^2)$ *pour* $x \to 0$ (*donc* $c = 0$) *puis* $y''(0)$ *existe.*

6° *Si* $(1/x)\{[y(x)/x] - c\} \to d$ *lorsque* $x \to 0$, *alors* $\mathcal{L}\left(\sum_k \mathrm{Y}_{nk}\right) \to \mathcal{L}$ *à s. c.*

$$i(c\alpha' + d\gamma^2)u - \frac{1}{2}c^2\gamma^2u^2 + \int\left(\exp[iuy(x)] - 1 - \frac{iucx}{1+x^2}\right) d\mathrm{L}(x),$$

où α' *s'exprime en fonction de* δ *et de* $\mathrm{L}(x)$.

Si, de plus, les X_{nk} *sont presque sûrement uniformément bornées ou si* $y(x)$ *est bornée, alors* $\sum_k \mathrm{EY}_{nk}^m$ *converge vers le* $m^{\text{ième}}$ *semi-invariant de* $\mathcal{L}$ *pour* $m = 1, 2, \ldots$.

Conséquences. — En choisissant convenablement les fonctions de P. Lévy (des lois stables, de Poisson, etc.) et les fonctions $y(x)$, l'on obtient diverses correspondances entre types de lois limites.

Cas particuliers. — Dans le cas de lois normales 4° avec $y(x) = x^2$ redonne le théorème classique de Raïkov-Gnedenko. Dans le cas des X_{nk} identiquement distribuées avec $\mathcal{L}\left(\sum_k \mathrm{X}_{nk}\right)$ *fixe* i. d., l'expression de $\mathrm{F}^*(x)$ et 4° avec $y(x) = x^2$ redonnent des résultats de K. Kunisawa et G. Maruyama (2) et, pour des vecteurs aléatoires, 5° redonne, en les complétant, des résultats de S. Bochner (3).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Oscillation du mercure dans un tube en* U. *Examen des résultats expérimentaux.* Note (*) de Mme **Madeleine Aubert-Huetz** et M. **Jacques Huetz**, transmise par M. René Thiry.

On doit tenir compte, dans l'étude des oscillations du mercure, de l'hystérésis des angles de raccordement air verre mercure. Il en résulte des déformations de ménisque qui mettent en œuvre des forces capillaires.

Dans une Note précédente (1), nous avons exposé les résultats de mesures d'amortissement des oscillations libres du mercure et mentionné les variations

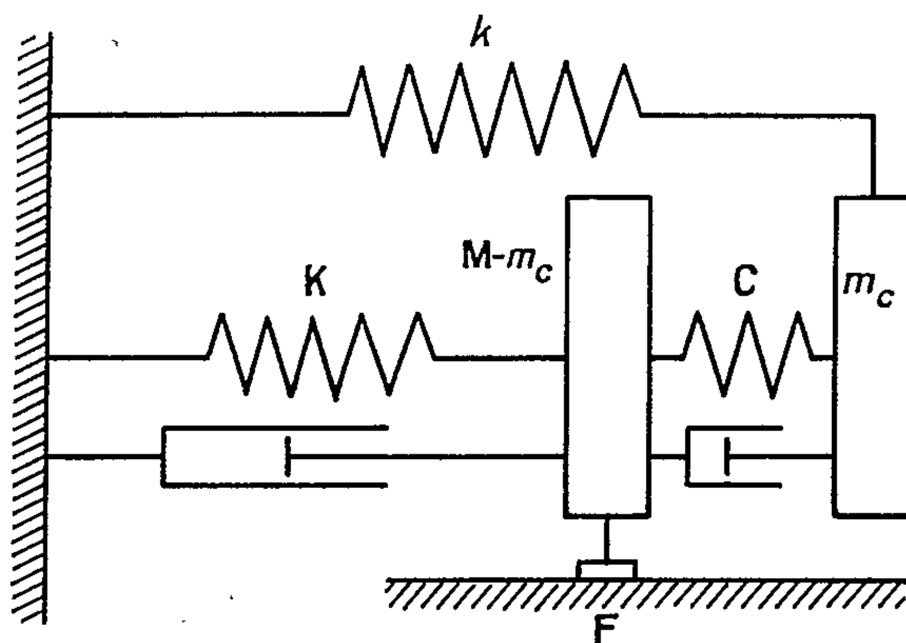
(2) *Stat. Appl. Research Union Japan*, 1, 1951, p. 22-27.
(3) *Proc. Nat. Acad. Sc. U. S. A.*, 40, 1954, p. 699-703.

(*) Séance du 8 novembre 1954.
(1) Mme Aubert-Huetz et M. J. Huetz, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 768.

de la période dans le cas du mouvement auto-entretenu par impulsions. Nous avons également indiqué les conditions à réaliser pour transférer, sans erreur notable, les résultats obtenus pour l'oscillateur auto-entretenu à l'oscillateur libre. Nous signalerons ici quelques faits tirés, soit de nos expériences et observations, soit de la bibliographie.

α. Les deux cercles de raccordement air verre mercure sont fixes quand l'élongation du sommet du ménisque reste suffisamment petite, inférieure à une limite A_0, de l'ordre du demi-millimètre pour le tube 1 [1]; sans préjuger de la cause physique du phénomène, ce collage des cercles de raccordement aux faibles amplitudes entraîne une déformation des surfaces capillaires, donc de nouvelles forces de rappel. La pulsation de ce mouvement est de 10 à 50 % supérieure au ω_p correspondant, les écarts les plus grands ayant lieu pour les plus petits diamètres. On a ainsi un premier degré de liberté de l'oscillateur dont le calcul doit faire intervenir les forces capillaires sur les surfaces de séparation et la forme de ces dernières.

β. Pour des amplitudes plus grandes au contraire, les cercles de raccordement participent au mouvement d'ensemble. Les deux méridiennes des ménisques des branches ascendantes et descendantes affectent des formes différentes, mais restent invariables, sauf dans le voisinage du maximum des élongations où se constitue une zone de transition dans laquelle ces méridiennes se substituent l'une à l'autre. Aux très grandes amplitudes l'importance relative de cette zone de transition devient négligeable et, pendant la demi-période où le sens du déplacement reste constant, les ménisques peuvent être considérés comme solidifiés sur l'une et l'autre des formes extrêmes qui correspondent à des angles de raccordement différents. Il apparaît donc dans l'équation du mouvement un terme constant F de signe contraire à la vitesse, analogue à celui introduit par un frottement solide. Cette analogie se trouve confirmée par la décroissance linéaire des amplitudes les plus grandes de la figure 1 [1] dans certains domaines. Les mesures sur des colonnes de longueurs et de diamètres diffé-



rents montrent que F est proportionnel à la longueur des circonférences de raccordement. Physiquement ces différents résultats se relient à l'hystérésis classique ([2]) des angles de raccordement d'un couple solide liquide ne mouillant pas, hystérésis qui introduit naturellement une dissipation d'énergie supplémentaire.

γ. Pour les amplitudes intermédiaires, la colonne de mercure constitue un oscillateur à deux degrés de liberté couplés, l'un amorti par « hystérésis capillaire » et viscosité, l'autre par frottement visqueux pur. Si l'écoulement est supposé à couche limite, on peut représenter cet oscillateur par le schéma mécanique ci-contre où k, K et C représentent des constantes de rappel dues, les deux premières à la pesanteur et la troisième à la capillarité. Pour les oscillations à bords collés, la cote d'un point courant du ménisque étant $Z(r, t)$ et celle du sommet $z = Z(o, t)$, le calcul de l'énergie sera fait en supposant l'existence d'une masse fictive constante m_c, prélevée sur la masse totale M du mercure et définie par la relation

$$m_c\left[\frac{dz}{dt}\right]^2 = \frac{2M}{R^2}\int_0^R r\left[\frac{\partial Z(r, t)}{\partial t}\right]^2 dr.$$

Cette hypothèse implique que l'on ait

$$Z(r, t) = f(r)z,$$

c'est-à-dire que la méridienne du ménisque se déforme par une affinité. On aura d'ailleurs :

$$\frac{k + C}{m_c} = \omega_c^2, \qquad \frac{k + K}{M} = \omega_p^2.$$

La période et l'amortissement de l'ensemble dépendent alors de la valeur maximum de z et c'est pour les grandes amplitudes que l'oscillateur se rapproche de l'isochronisme.

RADIOASTRONOMIE. — *Observation de l'éclipse totale de Soleil du* 30 *juin* 1954 *à Hagaby* (*Suède*) *et de l'éclipse partielle au radiotélescope de l'Observatoire de Meudon.* Note de MM. **Marius Laffineur, Bernard Vauquois, Pierre Coupiac** et **Wilbur N. Christiansen**, présentée par M. André Danjon.

Le Bureau des Longitudes a envoyé à l'île d'Öland (Suède) une mission pour l'observation sur ondes décimétriques de l'éclipse totale de Soleil du 30 juin 1954. Cette éclipse a été observée également sur les mêmes longueurs d'onde à l'Observatoire de Meudon. La station suédoise était

([2]) Yarnold, *Proc. Phys. Soc.*, 58, 1946, p. 120.

située au bord de la mer Baltique, près du phare de Högby à 8 km au Nord de la ligne de centralité.

1° *Instruments et méthodes de mesure.* — Le collecteur d'ondes était le miroir parabolique du Bureau des Longitudes (diamètre 6 m, distance focale 3,60 m) déjà utilisé lors de l'observation de l'éclipse totale du 25 février 1952 à Khartoum (Soudan) (1).

Une monture équatoriale adaptée à la latitude de la station (57° 9'N) a été construite avec le concours des laboratoires de Bellevue du Centre National de la Recherche Scientifique. Les récepteurs étaient du type déjà employé à Khartoum (2), munis cette fois d'enregistreurs potentiométriques très précis. Les franges d'interférence entre l'onde directe et l'onde réfléchie par le sol avaient été réduites à un quart environ par l'utilisation d'écrans conducteurs formés de grillage, disposés verticalement aux points de réflexion. Pour permettre la réduction des observations, des mesures soignées ont été faites les 29 juin et 1er juillet.

On comparaît toutes les 5 minutes l'intensité solaire à celle d'une région du ciel, toujours la même, prise comme source de comparaison. Cette région était atteinte en tournant l'axe du paraboloïde de 12°,5 autour de l'axe horaire. Cette méthode présente l'avantage de contrôler la position du zéro.

A Meudon les mesures ont été faites à l'aide d'une méthode analogue et dans de bonnes conditions.

2° *Résultats.* — La courbe obtenue en Suède sur 545 Mc/s présente moins d'accidents que celle observée deux ans auparavant; ce fait est aisément explicable car le 30 juin 1954 le Soleil présentait moins de régions actives chromosphériques et coronales qu'en 1952. Il est remarquable de constater qu'au moment de la totalité le rayonnement résiduel était de 11 % contre 19,5 % en 1952.

L'étude détaillée des documents réunis au cours de l'éclipse sera publiée ultérieurement.

ASTROPHYSIQUE. — *Étude de la bande interstellaire à 4 430 Å dans quelques étoiles de Wolf-Rayet.* Note de Mme **Yvette Andrillat**, présentée par M. André Danjon.

La bande interstellaire à 4 430 Å est particulièrement forte dans le spectre des étoiles de Wolf-Rayet étudiées présentement. Ces étoiles appartiennent à la constellation du Cygne. Seules les étoiles WN permettent une étude de cette bande, car dans les WC, elle est en partie masquée par la raie d'émission de C IV à 4 442 Å. L'intensité centrale croît avec la distance; la variation apparaît linéaire.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1528.
(2) *Bull. Astr.*, 18, 1954, p. 1.

Dans une précédente étude [1] du fond continu des étoiles de Wolf-Rayet de la constellation du Cygne, j'ai déterminé les distances de ces astres. L'examen des enregistrements microphotométriques montre la présence de la bande interstellaire diffuse à 4 430 Å. Son intensité varie avec l'étoile considérée et la variation paraît fonction de la distance. J'ai été ainsi amenée à faire des mesures photométriques afin de déterminer la largeur équivalente E et l'intensité centrale I_e de cette bande. E est exprimée en Angströms. Si J_1 et J_2 représentent respectivement l'intensité de la pointe de la bande et celle du fond continu à la même longueur d'onde, on mesure le rapport $(J_2 - J_1)/J_2$. On peut alors exprimer l'intensité $J_1 - J_2$ en pourcentage de l'intensité du fond continu J_2. C'est ce pourcentage qui est désigné par la notation I_c (intensité centrale).

Pour une même étoile, plusieurs mesures ont été faites (2 ou 4), et les valeurs données pour E et I_c sont les moyennes de ces mesures.

Les résultats obtenus sont groupés dans le tableau suivant :

Étoiles : n° du HD.	Spectres.	E (Å).	I_c (%).	I'_c (%).	D (kiloparsecs).
190918	WN 5	2,2	8,8	9,2	0,42
191765	WN 6	3,6	12,2	–	1,27
192163	WN 6	1,9	11,4	–	1,10
193077	WN 5	3,2	11,0	–	1,03
193576	WN 5	6,5	14,5	–	1,60
192103	WC 7	–	7,7	–	0,76
193793	WC 6	–	10,2	8,8	1,72

Dans la colonne I'_c sont indiquées les valeurs trouvées par Duke [2]. Les distances données sont, pour certaines étoiles, un peu différentes de celles contenue dans la Note précédente. Elles résultent de moyennes portant sur plusieurs nouvelles mesures.

Pour les étoiles de la séquence de l'azote, le tracé du fond continu correspondant à la bande 4 430 Å s'effectue aisément, sans ambiguité et la bande apparaît parfaitement limitée et définie. Dans le cas des étoiles de la séquence du carbone, il n'en est pas ainsi. Une raie d'émission, très intense, de C IV à 4 442 Å masque en partie le bord rouge de la bande interstellaire. Or, les raies des étoiles de Wolf-Rayet sont larges [35 à 70 Å suivant qu'il s'agit d'une WC 7 ou d'une WC 6 [3]]. Ainsi, la pointe extrême de la bande interstellaire est masquée par l'aile violette de la raie d'émission de C IV. Dès lors, seule une faible portion de cette bande est visible et mesurer la largeur équivalente correspondante ne présente aucun intérêt. J'ai néanmoins mesuré l'intensité de la pointe visible.

---

(1) Mme Y. ANDRILLAT, *Comptes-rendus*, 239, 1954, p. 480.

(2) D. DUKE, *Astrophys. J.*, 113, 1951, p. 100.

(3) C. BEALS, *Trans. U.A.I.*, 6, 1939, p. 248.

En portant sur un graphique les valeurs de E correspondantes à celles de D, on constate que la largeur équivalente croît avec la distance, à l'exception de HD 192163. La variation est approximativement linéaire. Les points aberrants correspondent à HD 192163 et HD 193576. Dans le cas de la première de ces étoiles de type WN 6, il y a des raies d'émission nombreuses, larges et particulièrement intenses et une difficulté de la délimitation exacte de la bande entraîne une mesure de E peu précise. Tel n'est pas le cas cependant de HD 193576 de type WN 5. Ni le tracé du fond continu, ni la délimitation de la bande ne présentent de difficultés.

Si on porte, au contraire, les différentes valeurs de I_c correspondant aux étoiles WN, en fonction de D, on constate que la variation est linéaire. Il n'y a pas de points aberrants. Les mesures de I_c sont plus précises que celles de E car le contour de la bande est assez mal défini, tandis que la pointe de cette bande est toujours nette. Si l'on porte les points correspondants aux deux étoiles WC, ils sont nettement aberrants et se trouvent au dessus de la droite, ce qui s'explique puisque, comme il a été dit précédemment, les intensités mesurées sont trop faibles.

Ainsi, tandis que la variation de I_c avec D est linéaire, il n'en est pas de même pour E, fait qui avait déjà été signalé dans une étude antérieure de la bande 4 430 Å ([4]).

Bien que portant sur un petit nombre d'étoiles, cette étude a pour intérêt de montrer que l'intensité centrale croît avec la distance de l'étoile ; elle confirme ainsi l'hypothèse faite initialement dans la méthode de la détermination des distances sur la répartition homogène de la matière interstellaire dans la direction où se trouvent les étoiles étudiées, ainsi que les résultats trouvés pour les distances.

Je signalerai par ailleurs, l'intensité très forte de la bande interstellaire 4 430 Å dans l'étoile HD 214419 (WN 5) qui appartient à la constellation de Céphée. La valeur trouvée : $I_c = 21,4\ \%$ est exceptionnellement forte puisque parmi les 405 étoiles étudiées par Duke ([2]), 2 seulement ont une intensité supérieure à 19 %.

ASTROPHYSIQUE. — *Les densités électroniques dans les nébuleuses planétaires.* Note de M. **Michael John Seaton**, présentée par M. André Danjon.

Les densités électroniques obtenues par l'auteur d'après les intensités relatives des raies interdites sont confrontées avec celles qui sont obtenues d'après les luminosités de surface mesurées par Liller et Aller et par Liller, les luminosités étant corrigées pour l'absorption interstellaire.

Les densités électroniques dans les nébuleuses planétaires peuvent être

([4]) Mme M. Lunel, *Ann. Astrophys.*, 17, 1954, p. 234.

déterminées par deux méthodes indépendantes. La première ([1]), basée sur la théorie de la recombinaison de l'hydrogène, exige des mesures absolues des luminosités de surface et des dimensions des nébuleuses. La deuxième ([2]) repose sur les intensités relatives des raies interdites.

Une comparaison ([2]) entre les résultats obtenus, désignés en cm^{-3} par $N_e(LS)$ et $N_e(RI)$ respectivement, a montré une tendance pour $N_e(LS)$ d'être plus petit que $N_e(RI)$, ce qui pourrait être une conséquence de la formation de condensations locales. Cependant nous avons indiqué ultérieurement ([3]) que les $N_e(LS)$ adoptés pourraient être sous-estimées parce que les estimations de luminosités employées n'avaient pas été corrigées de l'absorption interstellaire. Plus récemment, des mesures de luminosité beaucoup plus précises ont été faites par Liller et Aller ([4]) et par Liller ([5]). Il est donc intéressant de confronter les résultats antérieurs pour $N_e(RI)$ avec les nouveaux résultats pour $N_e(LS)$ corrigés de l'absorption.

Pour une nébuleuse possédant une symétrie sphérique nous obtenons

$$(1) \qquad \log S_\beta + 2\log A_1 + 1{,}62\, c + 11{,}47 + 2\,D - \log \int N_e^2 A^2\, dA - \log r = 0$$

[*voir* ([1])] avec S_β, luminosité observée pour H_β en $ergs.cm^{-2}.s^{-1}$; A_1, rayon angulaire, mesuré en secondes d'arc, adopté pour la mesure de S_β; $1{,}62\, c$ correction de S_β pour l'absorption ([6]) et c coefficient de rougissement défini par Aller ([7]);

$$D = -3 + \left(\frac{3}{4}\right)\log T_e - \left(\frac{1}{2}\right)\log b_4 - \left(\frac{X_4}{2}\right)\log(e)$$

[*voir* ([8])]; N_e densité locale; A, distance au centre exprimée en secondes d'arc; r, distance de la nébuleuse. Nous nous plaçons dans le cas B de Baker et Menzel ([8]) et nous calculons c en comparant les décréments de Balmer calculés et observés ([9]); pour une nébuleuse proche du cas A, nos valeurs calculées pour $N_e(LS)$ doivent être multipliées par un facteur 2.

Liller et Aller présument que N_e est constant dans l'enveloppe sphérique définie par $A_2 \leqq A \leqq A_1$ et qu'il est nul à l'extérieur de ce domaine. Le

([1]) MENZEL et ALLER, *Astrophys. J.*, 93, 1941, p. 195.
([2]) SEATON, *Month. Not.*, 114, 1954, p. 154.
([3]) *Observatory*, 74, 1954, p. 8.
([4]) *Astrophys. J.*, 120, 1954, p. 48.
([5]) *Voir* ALLER, *Astrophysics; nuclear transformations, stellar interiors and nebulae*, 1954, p. 206.
([6]) WHITFORD, *Astrophys. J.*, 107, 1948, p. 102.
([7]) *Astrophys. J.*, 113, 1951, p. 125.
([8]) *Astrophys. J.*, 88, 1938, p. 52.
([9]) ALLER, *Astrophys, J.*, 93, 1941, p. 236.

tableau donne les valeurs de A_1, A_2, $\log S_3$ et T_e adoptées [10] par Liller et Aller et par Liller, les valeurs de c, les valeurs de $N_e(LS)$ corrigées de l'absorption et les valeurs de $N_e(RI)$ avec leurs erreurs maxima probables. Pour NGC 6572 et 7027 les $N_e(LS)$ sont légèrement plus petits que les $N_e(RI)$, mais il n'est pas sûr que cela puisse être attribué aux condensations locales; il est également possible que les différences proviennent de ce que nous sommes placés dans le cas B ou qu'elles soient une conséquence des erreurs sur r. Pour NGC 7662, qui est un objet très irrégulier, la grandeur du désaccord constaté suggère que l'hypothèse de condensations locales est plus probable. Pour IC 418, $N_e(LS)$ donnée dans la Table est 3,1 fois plus grande que $N_e(RI)$; pour cet objet une étude plus raffinée peut être faite en employant la fonction de Wilson et Aller [11] pour la distribution de densité.

Nébuleuse.	A_1.	A_2.	r.	$\log S_3$.	$10^{-4} T_e$.	c.	$10^{-4} N_e(LS)$.	$10^{-4} N_e(RI)$.
IC 418.......	6	4,8	1 800	−0,43	1,83	0,24	2,5	0,8 ± 0,3
NGC 6572....	7	0,0	1 230	−0,76	1,35	0,48	3	5 ± 2
» 7027....	5	0,0	2 130	−0,82	1,68	0,95	3	4 ± 1,5
» 7662....	8	6,4	1 200	−1,04	1,50	0,20	1,1	5 ± 3

Soit $N_{e'}$ la densité donnée par Wilson et Aller et $N_e = \alpha N_{e'}$. La moyenne représentée par $N_e(RI)$ est une fonction compliquée, mais une approximation suffisante sera

$$N_e(RI) = \frac{\int N_e^{s+1} A^2 \, dA}{\int N_e^s A^2 \, dA}. \qquad (2)$$

Pour $N_e(RI) = 8.10^3 \text{ cm}^{-3}$ nous trouvons que $\alpha = 1,7$ ($s = 1$); $\alpha = 1,6$ ($s = 2$); $\alpha = 1,5$ ($s = 3$). Nous voyons que α est peu sensible à la valeur de s; nous adoptons $\alpha = 1,6$ pour les raies interdites. D'après la luminosité nous obtenons $\alpha = 2,5$. Donc l'usage de la fonction de distribution réduit à 1,6 le rapport des deux résultats. Le désaccord qui reste pourrait être entièrement dû aux erreurs d'observation et notamment aux erreurs sur r. Les deux méthodes sont en accord si nous posons $r = 4\,300$ parsecs. Pour les objets uniformes comme IC 418 il semble qu'une comparaison entre $N_e(LS)$ et $N_e(RI)$ peut donner les valeurs de r correctes à un facteur deux près. Il est intéressant de noter que la seule unité de longueur soit celle employée dans le calcul des sections de choc inélastique.

---

[10] Les mesures de Liller pour S_3 sont données pour tous les objets, sauf IC 418, pour laquelle les mesures n'étaient pas faites par Liller.

[11] *Astrophys. J.*, 114, 1951, p. 421.

ASTROPHYSIQUE. — *Le neutrino et la formation de technécium dans certaines étoiles.* Note de M. **Maurice E. Nahmias**, présentée par M. Frédéric Joliot.

On suggère, pour le mode de formation de certains éléments dans les étoiles, et notamment pour le ^{99}Tc, radioélément β^- de 212 000 ans de période, un cycle fermé faisant intervenir des neutrinos de plus de 1,8 MeV, issus d'autres réactions astro-nucléaires. On aurait : $^{99}Ru + \nu = {}^{99}Tc + \beta^+$ et $^{99}Tc = {}^{99}Ru + \beta^- + \nu$.

On sait que le Technécium (Z = 43) a été découvert au laboratoire et que les recherches de sa présence dans les minerais terrestres et météoriques ont donné jusqu'ici des résultats négatifs ou douteux. Ceci tient au fait que les différents isotopes de cet élément (ainsi que ceux du Prométhium, Z = 61) sont tous radioactifs (1), (2) β. Les isotopes les moins instables (3) étaient d'ailleurs prévus, par des règles semi-empiriques, comme devant être les ^{97}Tc (période 1 000 ans) et ^{99}Tc (période 212 000 ans), et le ^{147}Pm de 4 ans de période.

C'est grâce aux quantités pondérables fournies par les piles que le ^{99}Tc est mieux connu (4) que le ^{97}Tc et que son spectre optique a pu être obtenu (5) en 1950.

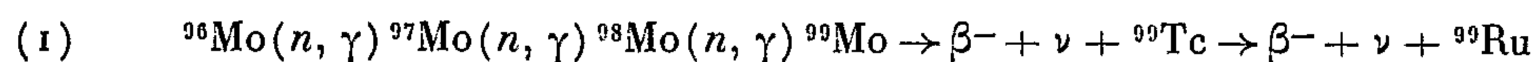
En 1951 le Tc fut découvert dans le spectre du Soleil (6) et en 1952 dans celui (7) de l'étoile R. Andromède. Récemment (8) la présence du Tc dans le spectre solaire a été confirmée et son abondance évaluée à $2,10^{-11}$ fois celle de l'hydrogène. En prenant log (abondance) de l'hydrogène égal à 12 on trouve 1,3 pour le log (abondance) du Tc. On cite, pour comparaison, les log des abondances des éléments voisins Mo et Ru comme étant de 1,7 et 1,3 dans le Soleil.

On sait, par contre, que l'abondance du Tc dans les minerais terrestres et météoriques est pratiquement nulle. S'il était même prouvé que des traces d'un Tc radioactif puissent être extraites d'un fort tonnage de minerais de Mo et Ru, le problème de sa grande abondance dans certaines étoiles restera intact. Des atomes de Tc en très petit nombre, peuvent être formés dans les minerais de Mo soumis continuellement à l'action de neutrons parasites. C'est le cas aussi du ^{239}Pu, de 24 000 ans de période, que l'on trouve en infime quantité dans les minerais d'U. En supposant, par ailleurs qu'il existe un Tc de très longue

(1) H. Médicus, P. Preiswerk et B. Scherrer, *Helv. Phys. Acta*, 23, 1950, p. 299.
(2) H. E. Suess, *Phys. Rev.*, 81, 1951, p. 1071.
(3) A. H. Jaffey et al., *Bull. A. P. S.*, 25, 5, 1950, 11 E 2.
(4) E. Motta, Boyd et Larson, *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 1270.
(5) Meggers et Scribner, *N. B. S.*, 45, 1950, p. 476.
(6) Charlotte Moore, *Sciences*, 114, 1951, p. 59.
(7) P. Merrill, *Ap. J.*, 116, 1952, p. 21.
(8) H. Hubenet, C. de Jaeger et C. Zwaan. *Processus Nucléaires dans les astres. Soc. Roy. des Sc. de Liége*, 1954, p. 478.

vie, comparable à celle des éléments chimiques, c'est-à-dire de 10^9 années ou supérieure, il faudrait alors expliquer sa rareté sur la Terre et dans les météorites par rapport à ses voisins Mo et Ru. Le même problème se pose pour le Pm.

Ces difficultés disparaissent si on imagine un cycle fermé donnant continuellement naissance à du Tc à vie courte (idem pour Pm). J. L. Greenstein [9] a ainsi suggéré le suivant :



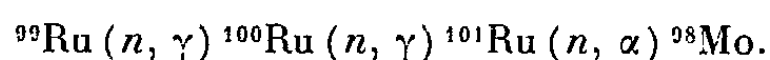
(I) $\quad {}^{96}\mathrm{Mo}(n, \gamma)\,{}^{97}\mathrm{Mo}(n, \gamma)\,{}^{98}\mathrm{Mo}(n, \gamma)\,{}^{99}\mathrm{Mo} \to \beta^- + \nu + {}^{99}\mathrm{Tc} \to \beta^- + \nu + {}^{99}\mathrm{Ru}$

et ${}^{99}\mathrm{Ru}(n, \alpha)\,{}^{96}\mathrm{Mo}$, qui peut être aussi bien :



(II) $\quad {}^{98}\mathrm{Mo}\,(n, \gamma)\,{}^{99}\mathrm{Mo} \to \beta^- + \nu + {}^{99}\mathrm{Tc} \to \beta^- + \nu + {}^{99}\mathrm{Ru}$

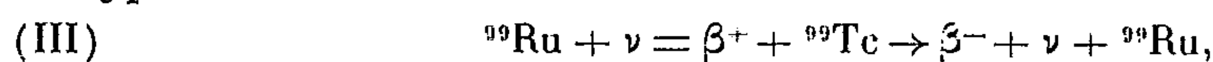
et



$${}^{99}\mathrm{Ru}\,(n, \gamma)\,{}^{100}\mathrm{Ru}\,(n, \gamma)\,{}^{101}\mathrm{Ru}\,(n, \alpha)\,{}^{98}\mathrm{Mo}.$$

Malheureusement les réactions (n, α), dans ces régions de Z où les barrières de potentiel pour les particules α sont de l'ordre de 20 MeV, sont concurrencées par les réactions (n, p) et $(n, 2n)$. On se heurte en outre à des difficultés de caractère astrophysique. Il faut notamment envisager l'hypothèse d'une température centrale de l'astre supérieure à 10^{11} degrés, capable de donner aux neutrons des énergies d'agitation thermique de plusieurs MeV. Or ni le Soleil ni R. Andromède n'ont des noyaux à une telle température. Il faut ensuite imaginer, dans le cas où il y aurait formation de Tc au sein de l'étoile, un processus convectif, non catastrophique et assez fréquent qui amènerait ce Tc vers l'atmosphère de l'astre.

Ces difficultés étant considérables je propose le mécanisme β-inverse [10] du type suivant :



(III) $\quad {}^{99}\mathrm{Ru} + \nu = \beta^+ + {}^{99}\mathrm{Tc} \to \beta^- + \nu + {}^{99}\mathrm{Ru},$

qui nécessite des neutrinos de plus de 1,8 MeV. Ce cycle fermé peut se produire à la surface même de l'étoile avec des neutrinos provenant de radioéléments β^- issus de réactions nucléaires de capture radiative ayant leur origine en n'importe quel point de la masse stellaire ou cosmique. Un cycle analogue peut être imaginé pour le ${}^{147}\mathrm{Pm}$ à partir du ${}^{147}\mathrm{Sm}$, et d'une façon générale on aurait : ${}^{Z}\mathrm{A} + \nu = \beta^+ + {}^{Z-1}\mathrm{A} \to {}^{Z}\mathrm{A} + \beta^- + \nu$.

Les anti-neutrinos (ν^*) issus de désintégrations β^+ des cycles astrophysiques (C-N) et (H-H), ont des énergies inférieures à 1,8 MeV et ne peuvent provoquer des réactions du type (III).

Ils pourraient [11] toutefois intervenir dans des réactions du type IV :

---

(9) *Soc. Roy. des Sc. de Liége*, 1954, p. 331.

(10) BETHE et PEIERLS, *Nature* (Londres), 33, 1934, p. 689.

(11) Des expériences récentes (communication privée) semblent infirmer les résultats antérieurs de Fireman qui avait conclu à l'identité du neutrino et de l'anti-neutrino. C'est d'ailleurs une des raisons qui a incité L. Alvarez à abandonner les expériences envisagées dans le rapport UCRL 328.

$n + \nu^* = H + \beta^-$. Ce second type de réaction β-inverse ne peut s'appliquer au cas du ^{99}Tc, car on peut voir facilement, en partant du $^{98}Mo + {}^{99}Mo$ qu'on ne reviendrait pas à l'élément initial et qui, de ce fait, serait vite épuisé.

La capture K par le ^{99}Ru ne peut donner un ^{99}Tc capable d'émettre des rayons γ de 140 keV et des particules β^- d'énergie maximum observée de 300 keV. Par ailleurs la capture d'un électron de très grande énergie nécessiterait des températures de plus de 10^{10} degrés, ce qui nous ramène aux difficultés inhérentes aux cycles (I) et (II), à moins de faire intervenir des électrons accélérés par des champs électriques ou magnétiques.

La section de choc des réactions du type (III) est de l'ordre ou supérieure à 10^{-44} cm², que l'on peut comparer à celle de : $H + H = {}^2He \rightarrow H_2 + \beta^+ + \nu^*$, envisagée dans le cycle thermonucléaire ([12]) et évaluée à 10^{-49} cm², mais compensée par la grande abondance de l'hydrogène dans les étoiles.

Il m'a paru intéressant de signaler les possibilités de ces réactions β-inverses qui offrent enfin, ne fut-ce que dans les creusets cosmiques, un débouché à la transformation et à l'utilisation de l'énorme énergie qui s'accumule dans l'Univers sous forme de neutrinos.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Solution non statique à symétrie sphérique des équations de la théorie unitaire d'Einstein.* Note de Mlle **Stamatia Mavridès**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les équations du champ sont les suivantes ([1]) :

$$(1) \quad \begin{cases} (1.1) \quad g_{\underset{+-}{\mu\nu};\rho} = 0, \\ (1.2) \quad R_{\underline{\mu\nu}} = 0, \qquad R_{\underset{\vee}{\mu\nu},\rho} + R_{\underset{\vee}{\nu\rho},\mu} + R_{\underset{\vee}{\rho\mu},\nu} = 0, \\ (1.3) \quad \Gamma_\rho = \Gamma^\sigma_{\underset{\vee}{\rho\sigma}} = 0. \end{cases}$$

Dans le cas d'une symétrie sphérique, pour un système de coordonnées polaires, la forme des $g_{\mu\nu}$ a été indiquée par A. Papapetrou ([2]). La connexion affine $\Gamma^\rho_{\mu\nu}$ a été calculée par W. B. Bonnor ([3]) dans le cas statique $g_{\underset{\vee}{23}}\, g_{\underset{\vee}{14}} \neq 0$. M. A. Tonnelat ([4]) a retrouvé ces résultats à partir de la solution générale des équations (1.1) ([5]) et les a étendus au cas non statique. Les valeurs ainsi calculées des coefficients de connexion affine ([4]) déterminent les $R_{\mu\nu}$. On a

$$(2) \qquad R_{\mu\nu} = {}^{(1)}R_{\mu\nu} + {}^{(4)}R_{\mu\nu} + {}^{(1,4)}R_{\nu}.$$

([12]) W. A. Fowler, *Proc. Nucl. dans les astres*. Liége, 1954, p. 88.

([1]) A. Einstein et E. G. Straus, *Ann. Math. Princeton*, 47, 1946, p. 731.
([2]) *Proc. Roy. Ir. Acad.*, 52 A, 1948. p. 69.
([3]) *Proc. Roy. Soc.*, 210 A, 1951, p. 427.
([4]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1468.
([5]) *J. Phys. Rad.*, 12, 1951, p. 81.

${}^{(1)}R_{\mu\nu}$ est la partie purement statique des $R_{\mu\nu}$ où ne figurent que les dérivées par rapport à la coordonnée radiale r des $g_{\mu\nu}(\alpha' = \partial_1 \alpha = \partial\alpha/\partial r,\ \beta',\ \sigma',\ u',\ w')$. ${}^{(4)}R_{\mu\nu}$ est la partie de $R_{\mu\nu}$ où ne figurent que les dérivées par rapport au temps des $g_{\mu\nu}(\dot\alpha = \partial_4 \alpha = \partial\alpha/\partial t,\ \dot\beta,\ \dot\sigma,\ \dot u,\ \dot w)$. ${}^{(1,4)}R_{\mu\nu}$ est la partie de $R_{\mu\nu}$ où figurent à la fois les dérivées par rapport à r et à t des $g_{\mu\nu}$.

${}^{(1)}R_{\mu\nu}$ a été calculé par W. B. Bonnor ([3]). Nous donnons ici les valeurs des ${}^{(4)}R_{\mu\nu}$ et ${}^{(1,4)}R_{\mu\nu}$ non identiquement nulles.

$$(3)\quad\left\{\begin{aligned}
{}^{(4)}R_{11} &= \frac{w^2(A_4^2+B_4^2)}{2\sigma^2} + \frac{\dot\alpha(\sigma\dot\alpha - \alpha\dot\sigma + 2\alpha\sigma A_4)}{4\alpha\sigma^2} \\
&\quad + \frac{\dot\alpha\sigma - 2\alpha\dot\sigma + 4\alpha\sigma A_4}{4\sigma^2}\partial_4 \log U + \left(\frac{\alpha^2}{4w^2} - \frac{\alpha}{2\sigma}\right)(\partial_4 \log U)^2 + \frac{\alpha}{2\sigma}\partial_4^2 \log\alpha U^2, \\
{}^{(4)}R_{22} &= \frac{{}^{(4)}R_{33}}{\sin^2\theta} = \partial_4\left(\frac{\beta A_4 - u B_4}{2\sigma}\right) - \frac{B_4(\beta B_4 + u A_4)}{2\sigma} + \left(\frac{\beta A_4 - u B_4}{4\sigma}\right)\partial_4 \log(\alpha\sigma - w^2), \\
{}^{(4)}R_{44} &= -\dot A_4 + \frac{\dot\sigma A_4}{2\sigma} - \frac{A_4^2+B_4^2}{2} + \frac{\dot\sigma}{4\sigma}\partial_4 \log\alpha U - \frac{1}{4}(\partial_4 \log\alpha U)^2 - \frac{1}{2}\partial_4^2 \log\alpha U, \\
{}^{(4)}R_{\underset{\vee}{23}} &= -\sin\theta\left\{\frac{B_4(\beta A_4 - u B_4)}{2\sigma} + \partial_4\left(\frac{\beta B_4 + u A_4}{2\sigma}\right) + \left(\frac{\beta B_4 + u A_4}{4\sigma}\right)\partial_4 \log(\alpha\sigma - w^2)\right\}, \\
{}^{(4)}R_{\underset{\vee}{14}} &= -\frac{w(A_4^2+B_4^2)}{2\sigma} - \left(\frac{A_4\alpha w + w\dot\alpha - \alpha\dot w}{2w^2}\right)\partial_4 \log U - \frac{\alpha}{2w}\partial_4^2 \log U, \\
{}^{(1,4)}R_{\underline{14}} &= -\frac{(A_1A_4 + B_1B_4)U}{2} + \frac{1}{2}\left(A_1\frac{\dot\alpha}{\alpha} + A_4\frac{\sigma'}{\sigma} - \dot A_1 - A_4'\right) + \frac{1}{2}\partial_1\partial_4 \log U \\
&\quad - \frac{1}{4}\left(3 - \frac{\alpha\sigma}{w^2}\right)\partial_1 \log U\,\partial_4 \log U + \frac{1}{2}\left(A_1 - \frac{\sigma'}{2\sigma}\right)\partial_4 \log U + \frac{1}{2}\left(A_4 - \frac{\dot\alpha}{2\alpha}\right)\partial_1 \log U,
\end{aligned}\right.$$

avec

$$(4)\quad\left\{\begin{aligned}
&g_{11} = -\alpha, \qquad g_{22} = -\beta, \qquad g_{44} = \sigma, \qquad g_{\underset{\vee}{23}} = u\sin\theta, \qquad g_{\underset{\vee}{14}} = w; \\
&U = 1 - \frac{w^2}{\alpha\sigma}, \qquad A_1 = \frac{1}{2}\partial_1 \log(u^2+\beta^2), \qquad A_4 = \frac{1}{2}\partial_4 \log(u^2+\beta^2), \\
&\qquad B_1 = \frac{u\beta' - \beta u'}{u^2+\beta^2}, \qquad B_4 = \frac{u\dot\beta - \beta\dot u}{u^2+\beta^2}.
\end{aligned}\right.$$

Limitons-nous ici au cas particulier $u = 0$.

Nous pouvons toujours poser $\beta = r^2$. Nous avons alors

$$B_1 = B_4 = A_4 = 0, \qquad A_1 = \frac{2}{r}, \qquad R_{\underset{\vee}{23}} = 0, \qquad U = \frac{r^4}{r^4 + k^2} \quad \text{d'après (1.3) et (4).}$$

La dernière équation du système (3) nous donne, en tenant compte de (1.2)

$${}^{(1,4)}R_{\underline{14}} = \frac{\dot\alpha}{2\alpha}\left(A_1 - \frac{1}{2}\partial_1 \log U\right) = 0$$

qui ne peut être satisfaite que si $\dot\alpha = 0$. Il en résulte que

$$(5)\qquad R_{\mu\nu} = {}^{(1)}R_{\mu\nu}$$

et le système d'équations à résoudre se réduit à celui obtenu dans le cas

statique ($^{(1)}R_{11} = {}^{(1)}R_{22} = {}^{(1)}R_{44} = 0$) dont la solution a été calculée par A. Papapetrou [2].

En résumé, dans le cas d'une solution à symétrie sphérique avec $\underset{\vee}{g}_{23} = 0$ et $\underset{\vee}{g}_{14} \neq 0$, le système d'équations (1) n'admet que des $g_{\mu\nu}$ fonction de la seule coordonnée radiale r.

Ce résultat est à rapprocher de la conclusion à laquelle on aboutit en relativité générale. On peut montrer [6] que le ds^2 d'une sphère pulsante se réduit au ds^2 de Schwarzschild : l'action gravitationnelle d'une telle sphère est la même que si elle était au repos. En théorie unitaire, cette conclusion n'est valable que dans le cas $\underset{\vee}{g}_{23} = 0$. Une solution non statique à symétrie sphérique reste en principe possible dès que $\underset{\vee}{g}_{23} \neq 0$.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Une formulation analytique du principe de Huygens.* Note de M. **Maurice Jessel**, présentée par M. Louis de Broglie.

A chaque équation de propagation, on peut associer un ensemble de formules traduisant le principe de Huygens pour une partition donnée de l'espace-support. L'exposition naïve donnée ici doit mettre en évidence le caractère général et direct de la méthode.

1. *Une forme syllogistique du principe de Huygens.* — Sur le modèle du syllogisme de J. Hadamard [1], on peut donner du principe de Huygens l'énoncé suivant :

A (Majeure). *La source* O, *pour produire son effet au point* P, *doit agir sur tout ensemble* S *de points « situé entre »* O *et* P.

B (Mineure). *Il y a relation de cause à effet entre* S *et* P.

C (Conclusion). *L'action de* S *sur* P *est équivalente à l'action de* O *sur* P.

2. *Les éléments analytiques du syllogisme* 1. — La majeure A, qui exprime l'existence d'une certaine structure d'ordre dans l'espace supportant la propagation considérée, conduit à partager cet espace V en trois parties (sans points communs) : 1° V_0 contenant O; 2° V_P contenant P et 3° S, région intermédiaire ou « de séparation », telle que tout trajet OP coupe S. On peut aussi considérer $V'_0 \supset V_0$ et $V'_P \supset V_P$, avec $S = V'_0 \cap V'_P$.

La mineure B, qui exprime la transitivité de la relation de cause à effet, conduit à placer sur S des sources de Huygens $\mathbf{K}^{\text{H}}$.

La conclusion C conduit à supprimer la source O au profit des sources de

---

(6) M. H. Mineur, *Bull. Soc. Mathém.*, 56, 1928, p. 62.

(1) *Le problème de Cauchy*, Paris, 1932, p. 75 et suiv.

Huygens. Pour cela on associe à V_P l'opérateur s « de séparation » tel que

$$s(M) = I \quad \text{(opérateur identique)} \quad \text{si} \quad M \in V_P,$$
$$s(M) = O \quad \text{(opérateur zéro)} \quad \text{si} \quad M \in V_0,$$

les valeurs de $s(M)$ pour $M \in S$ étant à fixer par la suite.

Lorsque s est une simple fonction scalaire et S une surface (ou une variété à $n - 1$ dimensions dans l'espace V à n dimensions), s sera assez analogue à la fonction unité de Heaviside ou à la fonction $E_M^{V_P}$ de van Dantzig (²).

2 *bis*. *Généralisation à un découpage de* V*en n morceaux*. — Au lieu du recouvrement de V par les deux pièces V'_0 et V'_P, on peut en considérer le recouvrement par n pièces V'_i ;

$$(1) \qquad V'_i = V_i + S_i, \qquad S_i = \bigcup_{j \neq i} \left(V'_i \bigcap V'_j \right).$$

A chaque « morceau » V_i sera associé un opérateur s_i analogue à s défini plus haut.

3. *Traduction analytique du principe de Huygens*. — Le champ $\mathbf{C}$ à déterminer étant donné par l'équation :

$$(1) \qquad \emptyset \mathbf{C} = \mathbf{K}^\sigma,$$

où $\emptyset$ est un opérateur donné et $\mathbf{K}^\sigma$ une grandeur caractéristique (par exemple charge ou courant) des sources réelles σ créant $\mathbf{C}$.

Le principe de Huygens (appliqué aux sources $\mathbf{K}^\sigma - s_i\mathbf{K}^\sigma$ vues du point $P_i \in V_i$) affirme qu'il existe sur S_i des sources $\mathbf{K}_i^{\text{H}}$ telles que (3) ait une solution $s_i\mathbf{C}$:

$$(3) \qquad \emptyset s_i \mathbf{C} = s_i \mathbf{K}^\sigma + \mathbf{K}_i^{\text{H}}.$$

4. *Interprétation de la formule* (3). — *a*. Elle satisfait *ipso facto* aux trois conditions exigées par F. Croze et G. Darmois pour qu'un système de formules constitue une expression correcte du principe de Huygens (³).

b. Elle rend évident le fait que c'est le partage de V qui fait apparaître les sources de Huygens, tout à fait comme les pôles intermédiaires apparaissent dans l'expérience de l'aimant brisé.

c. Elle fournit une généralisation du théorème bien connu « de la nappe de courant » :

$$(4) \qquad \mathbf{K}_i^{\text{H}} = \emptyset s_i \mathbf{C} - s_i \emptyset \mathbf{C}.$$

Sous la seule réserve que l'opérateur zéro commute avec $\emptyset$, on vérifie bien, sur (4), que les sources de Huygens $\mathbf{K}_i^{\text{H}}$ ont le support S.

(²) J. A. SCHOUTEN, *Tensor Analysis*, Oxford, 1951, p. 252.

(³) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 824.

5. *Réciproque du principe de Huygens.* — Il est logique de poser la condition que les sources de Huygens, apparues par le découpage de V, s'évanouissent identiquement par le recollement de pièces V_i du recouvrement de V :

$$\sum_i \mathbf{K}_i^{\text{n}} = 0. \tag{5}$$

La condition (5) généralise les diverses conditions de continuité servant habituellement à raccorder différentes solutions de (1) dans des domaines contigus. Elle conduit d'ailleurs très aisément à ces conditions particulières.

Sommant (3) pour les n morceaux de V, et utilisant (5), on obtient, pour les s_i, la condition que $\sum_i s_i$ doit commuter avec $\emptyset$. Il est commode de prendre : $\sum_i s_i = \mathrm{I}$.

6. *La méthode des relais par sources de Huygens.* — Nous appellerons « méthode de relais » toute méthode basée sur la majeure A de notre syllogisme. Une première étape consiste à effectuer un découpage judicieux, propre à permettre le calcul du champ dans chaque V_i en fonction des sources réelles qui s'y trouvent et des grandeurs-relais affectées à chaque V_i'. La seconde étape consiste à recoller les V_i, à calculer les grandeurs-relais et (ou) à les éliminer. Ainsi fera-t-on en se servant des sources de Huygens comme grandeurs-relais ([4]).

A la première étape, et en partant de l'équation des ondes scalaires, on obtient les formules de Helmholtz et de Kirchhoff. En partant des équations de Maxwell, on obtient les formules de MM. Louis de Broglie et E. Durand [références ([1]) et ([2]) de ([1])].

A la seconde étape, on obtient des systèmes d'équations intégrales qui constituent une mise en équations rigoureuse de chaque problème particulier ([4]).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie de l'effet Stark dans un champ non uniforme Cas des atomes autres que l'hydrogène.* Note de M. **Roger Cayrel**, présentée par M. André Danjon.

On calcule la perturbation apportée aux niveaux d'énergie d'un atome par le champ de Coulomb d'un ion voisin. La perturbation due aux termes du second ordre dans le développement de ce champ suivant les puissances des coordonnées est importante. Elle semble devoir jouer un rôle notable dans l'élargissement des raies pour les étoiles chaudes.

Nous présentons dans cette Note une généralisation de la théorie quantique

---

([4]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 753.

de l'effet Stark au cas où le champ perturbateur n'est plus uniforme. Soit D le petit domaine entourant le noyau de l'atome perturbé à l'intérieur duquel la probabilité de présence des électrons est appréciable. Dans l'effet Stark de laboratoire, le champ électrique perturbateur peut être considéré comme uniforme dans le domaine D avec toute l'approximation désirable. Par contre, dans l'effet Stark interatomique, responsable de l'élargissement des raies spectrales dans les atmosphères des étoiles chaudes, le champ électrique perturbateur est pratiquement le champ de Coulomb de l'ion le plus proche et ce champ peut avoir un défaut d'uniformité notable dans le domaine D. Nous étudions dans ce qui suit les modifications qu'entraîne la prise en considération de ce défaut d'uniformité dans le calcul de la perturbation des niveaux et dans celui de l'élargissement des raies spectrales qui en résulte.

Développons le potentiel de l'ion perturbateur suivant les puissances des coordonnées x, y, z, au voisinage du noyau de l'atome perturbé.

$$V = -\frac{\varepsilon'}{d^2} z + \frac{\varepsilon'}{d^3}\left[z^2 - \frac{1}{2}(x^2+y^2)\right],$$

où ε' est la charge de l'ion et d sa distance au noyau [coordonnées (o, o, $-d$)].

Si φ est la fonction d'onde associée à un état d'énergie E la perturbation sera

$$\Delta E = \int \varphi^*(\Sigma - \varepsilon V_i)\varphi\, d\tau = \frac{\varepsilon\varepsilon'}{d^3}\int \varphi^*\left[\Sigma\left(-z_i^2 + \frac{1}{2}(x_i^2+y_i^2)\right)\right]\varphi\, d\tau$$

car la contribution des termes du premier ordre est nulle et la matrice de perturbation est diagonale eu égard à la dégénérescence par rapport aux nombres quantiques magnétiques m_i. La somme Σ est étendue aux z électrons de l'atome. Quand le niveau considéré est un état suffisamment excité (cas réalisé dans les atmosphères d'étoiles chaudes), il suffit pratiquement de considérer la partie de l'intégrale correspondant à l'électron excité et l'on a :

$$\Delta E = \frac{\varepsilon\varepsilon'}{2\alpha^3}\int_0^\infty r^2 R_{n,e}^2 r^2\, dr \int_0^\pi \Theta_{l,m}^2(1 - 3\cos^2\theta)\sin\theta\, d\theta,$$

$$\psi_{n,l,m} = R_{n,e}(r)\Theta_{l,m}(\theta)\frac{e^{lm\varphi}}{\sqrt{2\pi}}$$

étant la fonction d'onde de l'électron.

La première intégrale n'est autre que la valeur moyenne de r^2 et a pour expression approchée ([1]) :

$$\overline{r^2} = \frac{n^{*2}}{2z'^2}\{5n^{*2} + 1 - 3l(l+1)\}a_0^2.$$

La seconde intégrale se calcule algébriquement eu égard aux propriétés des fonctions sphériques :

$$J = \int_0^\pi \Theta_{lm}^2(1 - 3\cos^2\theta)\sin\theta\, d\theta = 1 - \frac{3}{2l+1}\left\{\frac{(l+1)^2 - m^2}{2l+3} + \frac{l^2 - m^2}{2l-1}\right\}.$$

([1]) L. H. Aller, *Astrophysics*, The Ronald Press Company, New-York, p. 251.

Une application numérique au cas du schéma de transition $2s^2 2p^2$: $3s - 3p$ de O_{II} perturbé par des protons montre que le niveau $3s$ n'est pas perturbé tandis que le niveau $3p$ se décompose en 2 sous niveaux d'énergies :

$$m = 0 : \quad \Delta E = -\frac{4}{5} 9,6 \frac{a_0^2 \varepsilon^2}{d^3},$$

$$m = \pm 1 : \quad \Delta E = +\frac{2}{5} 9,6 \frac{a_0^2 \varepsilon^2}{d^3}.$$

Il y a dédoublement instantané de la raie en 2 raies d'intensités égales (²) et la statistique de ce phénomène conduit à un élargissement du type Lorentz. Pour une densité électronique $N_e = 3.10^{14}$ (densité moyenne trouvée par Unsöld pour τSco) la constante d'amortissement γ vaut

$$\gamma = 4,26.10^8,$$

soit, dans le domaine spectral considéré, environ 150 fois la constante d'amortissement par rayonnement.

PHYSIQUE GÉNÉRALE. — *Recherche d'une définition générale de l'énergie et des paramètres d'extension et d'intensité.* Note de MM. **Paul Renaud**, **Maurice Joly** et **Dikran G. Dervichian**, présentée par M. Louis de Broglie.

On propose une représentation schématique générale des relations entre l'énergie et les paramètres d'extension et d'intensité. Elle permet d'obtenir simultanément pour ces trois grandeurs des définitions valables même pour d'éventuelles formes nouvelles d'énergie.

Il est difficile de donner une définition de l'énergie qui reste valable même pour des formes d'énergie encore inconnues. Cela est cependant indispensable si l'on veut avoir une définition générale des paramètres d'extension et d'intensité. Henri Poincaré a montré, dans l'introduction de sa Thermodynamique que « Dans chaque cas particulier, on voit bien ce que c'est que l'énergie et l'on peut en donner une définition au moins provisoire ; mais il est impossible d'en trouver une définition générale ».

Pour tourner cette difficulté, nous avons établi un schéma simple de corrélation W, reliant les trois grandeurs : énergie, extension, intensité, et destiné à représenter les échanges non matériels entre deux systèmes matériels Σ et Σ'. Nous l'avons obtenu en décomposant un système quelconque en un ensemble de systèmes à un paramètre tels que, pour chacun d'eux, les effets soient proportionnels aux causes. C'est ce qui a été réalisé effectivement par l'ensemble des physiciens pour construire une représentation satisfaisante des divers systèmes réels.

(²) Condon et Shortley, *Theory of atomic spectra*, Cambridge, p. 387.

Schéma de corrélation W. — Considérons un système S_i qui peut subir, sous des actions extérieures, une série de modifications M (S_i). Celles-ci se manifesteront par la variation d'un paramètre a_i, défini lui-même par la position relative d'une graduation et d'un extremum intérieurs ou extérieurs à S_i, mais solidaires de S_i [1]. Nous supposerons que la connaissance de a_i suffit à définir l'état et le déterminisme de S_i et que, réciproquement, la valeur de a_i peut toujours être déduite de l'état de S_i. Nous considérons seulement les modifications M (S_i) produites par des causes extérieures. Parmi cette série de modifications à un paramètre, l'une d'entre elles M_j (S_i) sera produite par une cause extérieure C^i_j qui pourra elle-même dépendre de plusieurs paramètres, mais dont l'effet sur S_i sera unique. Cette modification M_j (S_i) prendra une valeur qui est définie par la modification de a_i, soit $\Delta_j a_i$

Addition des systèmes S_i. — Considérons l'ensemble suivant : n systèmes matériels, identiques entre eux, S_1, S_2... S_i... S_n occupant des positions différentes dans l'espace. Ils sont sans interactions. La modification $M_j(S_i)$, reproduite sur les n systèmes S_i, peut provenir de n causes identiques à C^i_j, elle correspond à une même variation de a_i, dans tous les systèmes. Par convention, nous considérons l'ensemble des S_i comme un seul système Σ, susceptible de croître ou de décroître en même temps que le nombre n de S_i. La modification $M_j(\Sigma)$ sera produite par une cause Γ_j qui contiendra l'ensemble des causes C^i_j et sera fonction de n comme l'est Σ. On ne fait aucune hypothèse sur la manière dont les C^i_j s'associent pour donner Γ_j. L'accroissement de n sera considéré comme un flux de matière modifiant la personnalité de Σ. Aucun autre flux de matière n'interviendra dans le schéma W. Les causes susceptibles de modifier n en même temps que a_i sont exclues, en principe, des causes envisagées C^i_j. Le paramètre n sera appelé paramètre d'extension du système Σ.

Addition des causes C^i_j. — Une modification $\Delta_j a_i$ de a_i est le test de la modification $M_j(S_i)$. Celle-ci provient de la cause C^i_j dont nous savons que, répétée sur les systèmes S_i, elle constitue Γ_j capable de provoquer $M_j(\Sigma)$ qui correspond à $\Delta_j a_i$ pour tous les éléments S_i. On postulera qu'en produisant l'action $C^i_j p$ fois de suite sur un même système S_i, il y correspond chaque fois une variation $\Delta_j a_i$ constante, la variation totale étant $p\Delta_j a_i$. Souvent, au lieu de faire agir la cause $C^i_j p$ fois de suite, le mécanisme de C^i_j permet de faire agir un nombre p de causes C^i_j identiques simultanément sur un système S_i et d'obtenir directement $p\Delta_j a_i$. On dira dans ce cas que les p causes s'additionnent. Le paramètre p sera appelé paramètre d'intensité de la modification M(Σ).

Unité de processus (S, C, Δa). — Chaque fois qu'un système transformable Σ, complètement défini par un paramètre a_i qui définit l'état de ses divers constituants S_i, est soumis à des causes extérieures accessibles et mesurables, obéis-

(1) P. Renaud, M. Joly et D. G. Dervichian, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1389.

sant aux règles précédentes, nous considérerons : une unité de système, soit S, contenue n fois dans Σ; une unité de cause, soit C, contenue n fois dans Γ; une unité d'évolution, soit Δa, correspondant à l'action de C sur S. Remarquons que pour pouvoir définir une unité de processus, on est obligé de se limiter toujours aux cas où les causes C_j^i s'additionnent pour donner Γ_j.

Addition des processus unitaires. — Si l'on fait agir p fois de suite un système de causes Γ sur un même système Σ, on obtiendra une modification $M_p(\Sigma)$ dont l'importance sera définie par $\Delta_p a_i$. Cette grandeur $\Delta_p a_i$ sera la variation commune des a_i dans les n systèmes S_i supposés constamment identiques entre eux. Ces définitions admises, on aura, en vertu de l'hypothèse d'addition des effets des causes C_i, la relation $\Delta_p a_i = p\Delta a$. L'ensemble des causes C_i agissant p fois de suite sur le système Σ est $p\Gamma = npC$.

Définitions. — On a vu qu'avec ces hypothèses, n est le paramètre d'extension du système Σ et p le paramètre d'intensité de la modification $M_p(\Sigma)$. L'unité C étant appelée l'unité de cause, la quantité de cause mise en jeu dans la modification $M(\Sigma)$ sera mesurée par le produit np. On prendra pour unité d'énergie l'unité de cause C définie par le choix de l'unité de processus (S, C, Δa). Lorsque l'on a choisi l'unité (S, C, Δa), le paramètre n est défini par la seule donnée de Σ tandis que la valeur de p est connue d'après la seule valeur de $M(\Sigma)$.

Lorsque le repérage de Δa connaissant S et C a été fait pour un phénomène complètement connu, on peut l'utiliser pour définir un des trois termes dans un phénomène pour lequel deux des termes seulement sont connus. En particulier, on pourra repérer un autre ensemble de causes, connues ou inconnues, capables de provoquer la modification $M(\Sigma)$, même si elles ne sont définies que par la seule présence de $M(\Sigma)$. C'est le principe de tous les appareils de détection. C'est le procédé qui a été utilisé lors de la découverte de l'énergie atomique.

MÉTROLOGIE. — *Les procédures fines de dépouillement d'une courbe expérimentale : la recherche d'un caractère mathématique, la clause de régularité. Application à l'extrapolation.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Albert Pérard.

Malgré les analogies que l'on tirerait de certains calculs mathématiques, et quelque précision que l'on donne aux mesures, on ne peut considérer une courbe expérimentale comme typique, on ne peut tirer complètement parti de la clause de régularité pour un lissage soigné. Pourtant c'est en déterminant par cette clause le développement représentatif que l'on réduit les inconvénients de l'extrapolation.

1. Nous avons insisté bien des fois sur le caractère illusoire de la recherche d'une propriété mathématique nette dans une courbe expérimentale d'allure neutre, montrant que, du fait de l'inévitable imprécision des

mesures, un phénomène physique pouvait être rattaché indifféremment à n'importe quel *type* de loi. Ce qui ne veut pas dire qu'on ne pourrait distinguer une loi homographique d'une loi exponentielle; mais des observations, bien loin de pouvoir, d'ordinaire, s'exprimer par un terme analytique *unique*, imposant un développement, théoriquement illimité et pratiquement réduit à quelques termes, lorsque la précision des mesures s'accroît et semblerait devoir permettre la discrimination entre deux types de développement la nécessité de ne pas tricher avec la réalité oblige à ne plus se contenter d'un développement *trop tôt* limité, et l'incertitude du choix reparaît. Seule une expérimentation d'une précision infinie, et portant sur l'infini de l'espace et du temps, conduirait à un développement illimité d'un type tout à fait sûr, mais de telles conditions dépassent infiniment nos possibilités. Nos mesures pourront gagner en qualité, mais elles ne permettront jamais, *par elles seules*, d'aboutir à un mécanisme explicatif qui ne soit pas artificiel. C'est par son esprit d'invention, à l'affût de rapprochements inattendus, que le physicien devinera vers quelle interprétation générale s'orienter, à quelles idées abstraites (répondant à un certain type de loi) rattacher les observations.

2. Ces conclusions résultent d'innombrables discussions d'expériences. Nous venons encore de les vérifier en appliquant au relevé très précis de mesures de refroidissement cet extraordinaire moyen de lissage *fidèle* que constitue l'usage du *principe de régularité* : les ordonnées étant d'abscisses équidistantes, on construit le tableau T des différences successives (et, s'il y a lieu, celui que l'on formerait avec les valeurs absolues des têtes de colonne de T); en imposant une loi simple de signe dans chaque colonne et dans la succession des colonnes, on se trouverait poser des conditions tellement restrictives que les retouches à apporter aux ordonnées expérimentales pour y satisfaire seraient presque parfaitement déterminées. Or, nous n'avons pu utiliser à fond la puissance d'analyse de cette méthode parce que le document, quoique paraissant riche, ne contenant encore qu'un nombre trop faible de données, nous avons été empêché de considérer utilement des différences d'ordre assez élevé, et nous sommes resté avec les inconvénients de mesures insuffisamment précises, à savoir l'impossibilité de découvrir, derrière l'apparente régularité du tracé, un caractère vraiment profond.

3. Pourtant si, ayant construit des expressions mathématiques du *type* x^{-a} et du type a^{-x}, entre lesquels nous venons de déclarer qu'on ne saurait choisir pour représenter une expérience physique, nous en cherchons la limite pour x infiniment grand, ce qui eut été un moyen très fin de guider le choix entre les deux types de formule représentative, nous constatons avec évidence que les procédures que nous avons créées se révèlent parfaitement adaptées dans chacun des deux cas, mais doivent être tenues

pour absolument *distinctes*, celle qui réussit admirablement pour le type x^{-n} échoue complètement avec le type a^{-x}, et *vice versa*. Mais c'est que joue sans délai la différence essentielle entre une donnée physique et une expression mathématique : aucune imprécision n'empêche celle-ci de manifester sa véritable allure, et lorsqu'on fait croître x — et l'on n'est pas limité dans cette voie — cette allure se confirme avec une netteté de plus en plus grande, cependant qu'avec les données physiques l'allure profonde sera toujours voilée par l'imprécision, le voile ne faisant généralement que s'épaissir quand on arrive, très vite, aux bornes de l'intervalle expérimental.

4. Indépendamment du fait que l'usage méthodique de la clause de régularité soulèverait de très graves problèmes matériels que ne pourraient résoudre que des machines, au demeurant assez simples, nous avons dit que la pauvreté, en général excessive, du document expérimental, en réduisait la portée. Il est pourtant un problème grave dont sa prise en considération facilite beaucoup la solution : nous voulons parler de l'*extrapolation*, pratique qu'on ne saurait normalement trop condamner, mais à laquelle on est parfois acculé. Par exemple, pour découvrir l'apparition d'une perturbation cosmique, les astronomes n'ont guère d'autre ressource que de représenter leurs observations par une loi polynomiale du temps et de chercher si cette loi persiste hors de l'intervalle (I) pour lequel elle a été calculée. Le danger d'une conclusion fausse est très grand, parce que le polynome étant de toute manière insuffisant, ses derniers termes sont incertains et leur influence, quand on s'éloigne des bornes de (I), devient malheureusement prépondérante. On réduit notablement ces inconvénients sans augmenter — ce qui serait suspect — le nombre des coefficients indépendants, en faisant suivre les termes prévus de termes de degré plus élevé *arbitrairement* choisis, mais auxquels on impose d'acheminer régulièrement vers zéro les coefficients du développement limité que constituait le polynome. On y parvient avec une particulière simplicité, en adoptant un développement limité de Newton, dont les coefficients sont justement donnés par les têtes de colonne du tableau T de différenciation successive où nous avons dit se manifester le critère de régularité.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le chauffage électromagnétique des couches minces conductrices et semi-conductrices; diverses généralisations relatives au problème de la détermination de l'épaisseur idéale*. Note de M. **Marcel Gourceaux**, présentée par M. Louis de Broglie.

Unités employées : système mixte U. E. S.-U. E. M. (avec $c = 3.10^{10}$).

On sait que :

1° Si l'on soumet à un champ magnétique uniforme sinusoïdal haute-fréquence un cylindre illimité métallique plein (champ parallèle à son axe) ou une sphère métallique pleine (avec, dans les deux cas, l'hypothèse du régime quasi-stationnaire qui assure la symétrie de révolution), on peut définir une épaisseur de pénétration des courants induits

$$\varepsilon_1 = \frac{c}{\sqrt{2\pi\gamma\mu\omega}}.$$

2° Si l'on creuse le cylindre ou la sphère de manière à ne laisser subsister qu'une couche métallique d'épaisseur $e \ll \varepsilon_1 \ll R$ (rayon), on peut calculer l'épaisseur assurant la meilleure puissance calorifique et l'on trouve

$$e_{\text{opt. cyl.}} = \frac{\varepsilon_1^2}{R} \quad \text{(J. J. Thomson)}$$

et

$$e_{\text{opt. sph.}} = \frac{3}{2}\frac{\varepsilon_1^2}{R} \quad \text{(A. Colombani)} \quad (\text{avec } \mu = 1).$$

On peut d'abord généraliser ces problèmes en remplaçant le métal par une substance à la fois conductrice et diélectrique (constante ε); on trouve alors :

$$\varepsilon_1 = \frac{c\sqrt{2}}{\sqrt{-\varepsilon\mu\omega^2 + \sqrt{(\varepsilon\mu\omega^2)^2 + (4\pi\gamma\mu\omega)^2}}},$$

$$e_{\text{opt. cyl.}} = \frac{2c^2}{\sqrt{(4\pi\gamma\omega)^2 + (\varepsilon\omega^2)^2}}\frac{1}{R},$$

$$e_{\text{opt. sph.}} = \frac{3c^2}{\sqrt{(4\pi\gamma\omega)^2 + (\varepsilon\omega^2)^2}}\frac{1}{R}.$$

En faisant $\mu = 1$, on notera que les formules de J. J. Thomson et A. Colombani ne se généralisent pas et que seule subsiste la proportion

$$\frac{e_{\text{opt. sph.}}}{e_{\text{opt. cyl.}}} = \frac{3}{2} \quad \text{(si les rayons sont égaux).}$$

Si l'on fait une étude générale des couches minces métalliques ayant la symétrie de révolution autour d'un axe parallèle au champ (en régime quasi stationnaire), on constate que ce problème est d'une difficulté mathématique supérieure à celle de questions géométriquement voisines telles que l'étude des cavités résonantes. En effet, on peut montrer, qu'en dehors des difficultés d'intégration, la condition aux limites relative à la discontinuité de la composante tangentielle du champ magnétique (quand on traverse la couche mince) oblige déjà le système plan de coordonnées curvilignes orthogonales définissant la méridienne, à obéir à la première condition de Bromwich-Borgnis [1] (familles de courbes parallèles et trajectoires orthogonales

[1] Cette condition s'impose même si *a priori* on accepte l'idée d'une couche mince à épaisseur non constante.

rectilignes) qui, dans d'autres questions, ne se présente que pour faciliter l'intégration.

Enfin, signalons la possibilité d'une théorie des couches minces « d'origine dynamique » : rotation extrêmement rapide d'une couche mince métallique dans un champ magnétique uniforme et constant. Dans le cas d'une couche cylindrique illimitée d'axe perpendiculaire au champ (ce qui conduit à rechercher des solutions n'ayant plus la symétrie de révolution mais indépendantes du temps, contrairement aux problèmes précédents), on constate que les formules

$$\varepsilon_1 = \frac{c}{\sqrt{2\pi\gamma\mu\omega}} \quad \text{et} \quad e_{\text{opt. cyl.}} = \frac{\varepsilon_1^2}{R} \quad (\text{pour } \mu = 1)$$

se conservent (ω désignant maintenant la vitesse angulaire de rotation).

MAGNÉTISME. — *Variation thermique de la susceptibilité diamagnétique de quelques noirs de carbone entre* —200° C et 1000° C. Note de M. **André Marchand**, présentée par M. Paul Pascal.

On donne les courbes de variation en fonction de la température, entre —200 et 1000°C, de la susceptibilité magnétique moyenne d'une série de noirs de carbone dont les tailles de cristallites s'échelonnent entre 36 et 200 Å. On peut rendre compte théoriquement de l'allure de ces courbes en faisant intervenir le diamagnétisme des électrons libres.

Nous avons, dans deux Notes précédentes [1], étudié la variation de la susceptibilité diamagnétique des noirs de carbone, en fonction du diamètre L_a des cristallites qui les constituent, ainsi que la variation thermique de cette susceptibilité pour quelques-uns de ces noirs, aux basses températures. Nous avions montré que le brusque accroissement du diamagnétisme qui se produit quand L_a est compris entre 40 et 200 Å peut être attribué au diamagnétisme des électrons libres de L. Landau [2].

Nous avons complété les résultats expérimentaux précédents en étudiant à basse température la susceptibilité de deux autres noirs de carbone, dont les valeurs de L_a sont aussi situées dans l'intervalle 40-200 Å, et en étudiant la variation de la susceptibilité avec la température entre +18°C et 950°C pour tous les noirs déjà étudiés aux basses températures.

Les mesures aux basses températures ont été effectuées suivant la méthode déjà décrite [1]. Les courbes de variation à haute température ont été obtenues par la méthode de Faraday avec une balance de Weiss munie d'un four spécialement construit pour s'adapter sur les pièces polaires de l'électro-

(1) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 460 et 1645.

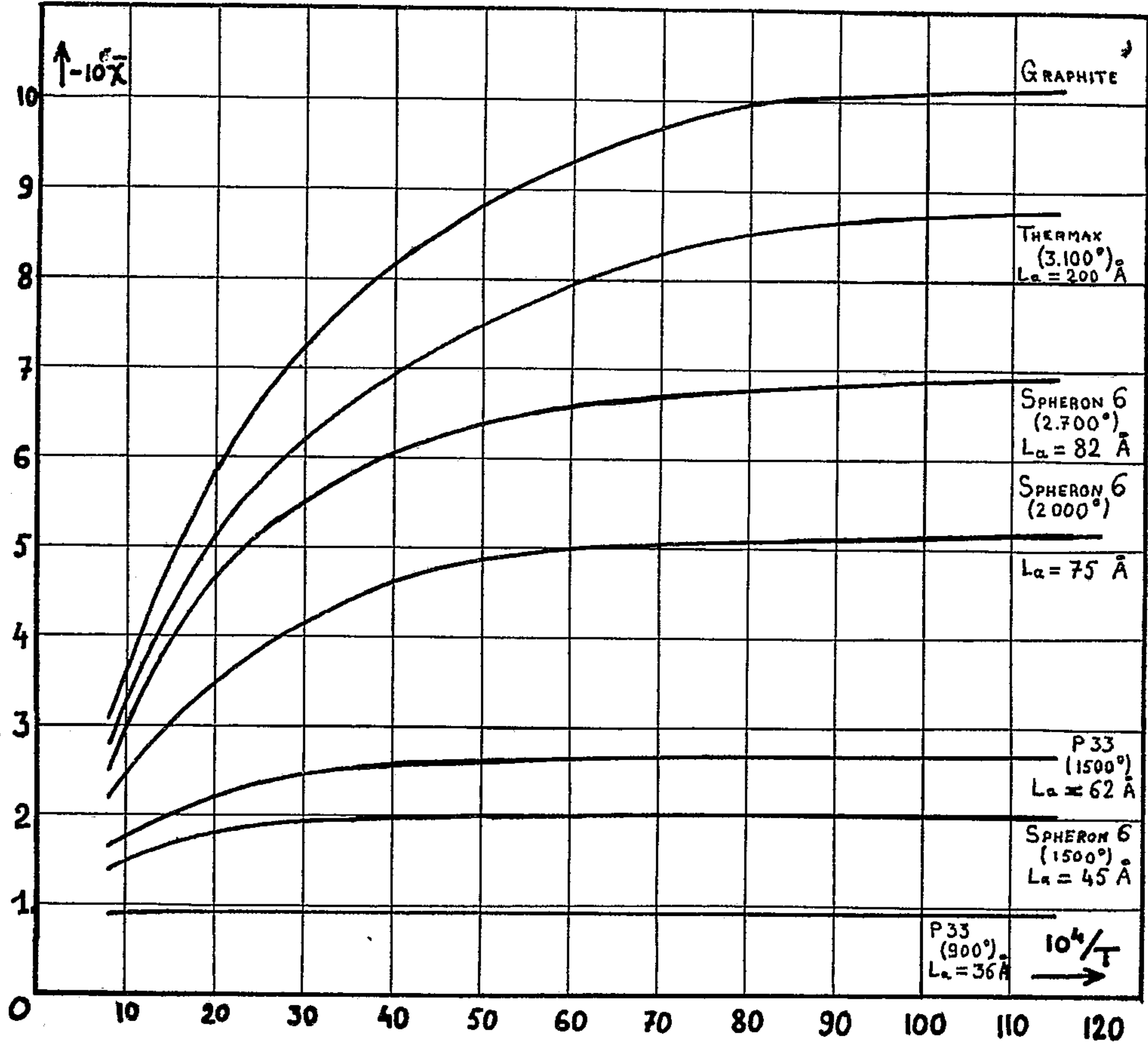
(2) L. Landau, *Z. Phys.*, 64, 1930, p. 629; E. C. Stoner, *Proc. Roy. Soc. London*, A 152, 1935, p. 672-692.

aimant ([3]), les divers échantillons de noirs de carbone ayant été préalablement débarrassés de leurs impuretés para et ferromagnétiques.

Les résultats d'ensemble sont représentés par les courbes de la figure, qui se rapportent à

				L_a.
P 33	chauffé	préalablement à	900° C.......	36 Å
Spheron 6	»	»	1500..........	45
P 33	»	»	1500..........	62
Spheron 6	»	»	2000..........	75
Spheron 6	»	»	2700..........	82
Thermax	»	»	3100..........	200–250 Å

On y a adjoint la courbe correspondante obtenue pour le graphite par N. Ganguli et K. S. Krishnan ([4]).



La précision des mesures croît avec L_a (environ 1% pour Thermax (3100°) et 3 à 5% sur P 33 (900°). Elle est plus faible aux très hautes températures (quand $10^4/T$ est inférieur à 10), pour tous les noirs, par suite d'une faible combustion partielle de ceux-ci vers 900°, dont on a d'ailleurs tenu compte.

([3]) A Pacault, A. Vankerckoven, J. Hoarau et J. Joussot-Dubien, *J. Chim. Phys.*, 49, 1952, p. 470.

([4]) *Proc. Roy. Soc. London*, A 177, 1941, p. 168.

Interprétation. — Comme nous l'avons indiqué précédemment, l'accroissement brusque de l'anisotropie diamagnétique quand L_a dépasse la valeur de 35-40 Å, correspond à l'apparition d'un nouveau facteur, dépendant de la température : le diamagnétisme des électrons libres. En appliquant la méthode de Landau et Stoner ([2]) à un modèle théorique simplifié, un calcul approché, qui fera l'objet d'une publication ultérieure, permet de définir un système de coordonnées réduites, dans lequel interviennent comme paramètres le nombre de porteurs de charges libres et leur masse effective. Dans un tel système de coordonnées, chacune des courbes expérimentales, donnant la variation de l'anisotropie due aux électrons libres en fonction de la température pour les divers noirs de carbone, peut être représentée de façon satisfaisante par la même équation théorique. L'accord entre les valeurs expérimentales et les valeurs théoriques est bon.

MAGNÉTISME. — *Effets magnétocaloriques négatif et positif et états magnétiques, du composé* $MnAu_2$. Note de MM. **André J.-P. Meyer** et **Pierre Taglang** transmise par M. Gabriel Foëx.

Dans un travail précédent ([1]) nous avons signalé les propriétés magnétiques anormales du composé défini $MnAu_2$. De nouvelles mesures d'aimantation effectuées sur le même échantillon ont permis de vérifier que la température T_c pour laquelle l'aimantation est maximum dans un champ donné, est fonction de ce champ, parfaitement reproductible et indépendante des traitements magnétiques antérieurs. Nous sommes donc en présence d'une propriété intrinsèque du composé ; le comportement observé ne peut pas être expliqué par l'existence d'un champ coercitif très élevé qui disparaîtrait vers 90°C. Nous admettrons donc que les aimantations observées sont des aimantations vraies au sens thermodynamique du terme.

Si la courbe expérimentale $\sigma = f(T)$ possédant un maximum représente des aimantations vraies, $(\partial\sigma/\partial T)_H$ est positif au-dessous de la température du maximum et négatif au-dessus. Ce quotient différentiel $(\partial\sigma/\partial T)_H$ figure dans l'expression différentielle de l'effet magnétocalorique ([2]).

$$dT = -\frac{T}{C_H}\frac{\partial\sigma}{\partial T}\,dH.$$

Il s'ensuit que dT/dH doit changer de signe à la température qui correspond, pour un champ donné, au maximum d'aimantation.

Nous avons mesuré l'effet magnétocalorique sur l'ellipsoïde qui a servi aux mesures d'aimantation. Les résultats de cette étude sont rassemblés dans les figures 1 et 2.

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 961.

(2) P. Weiss et R. Forrer, *Ann. Phys.*, 10e série, 5, 1926, p. 153.

La figure 1 représente la variation de température ΔT observée pour différents champs en fonction de la température. Dans les champs faibles, pour lesquels la température critique T_c qui correspond à $(\partial\sigma/\partial T)_H = 0$ est élevée, nous avons mis en évidence un phénomène magnétocalorique négatif (³) aux températures inférieures à T_c : *par désaimantation adiabatique, la température de l'échantillon s'élève.* A partir d'une certaine valeur de la température, variable avec le champ, l'effet devient positif et présente un maximum très marqué à 90° C ; cette température est, à la précision des expériences près, indépendante du champ. Dans les champs forts l'effet observé est toujours positif dans le domaine de température étudié ; les courbes sont similaires à celles relevées par d'autres auteurs sur des ferromagnétiques usuels (²), (⁴).

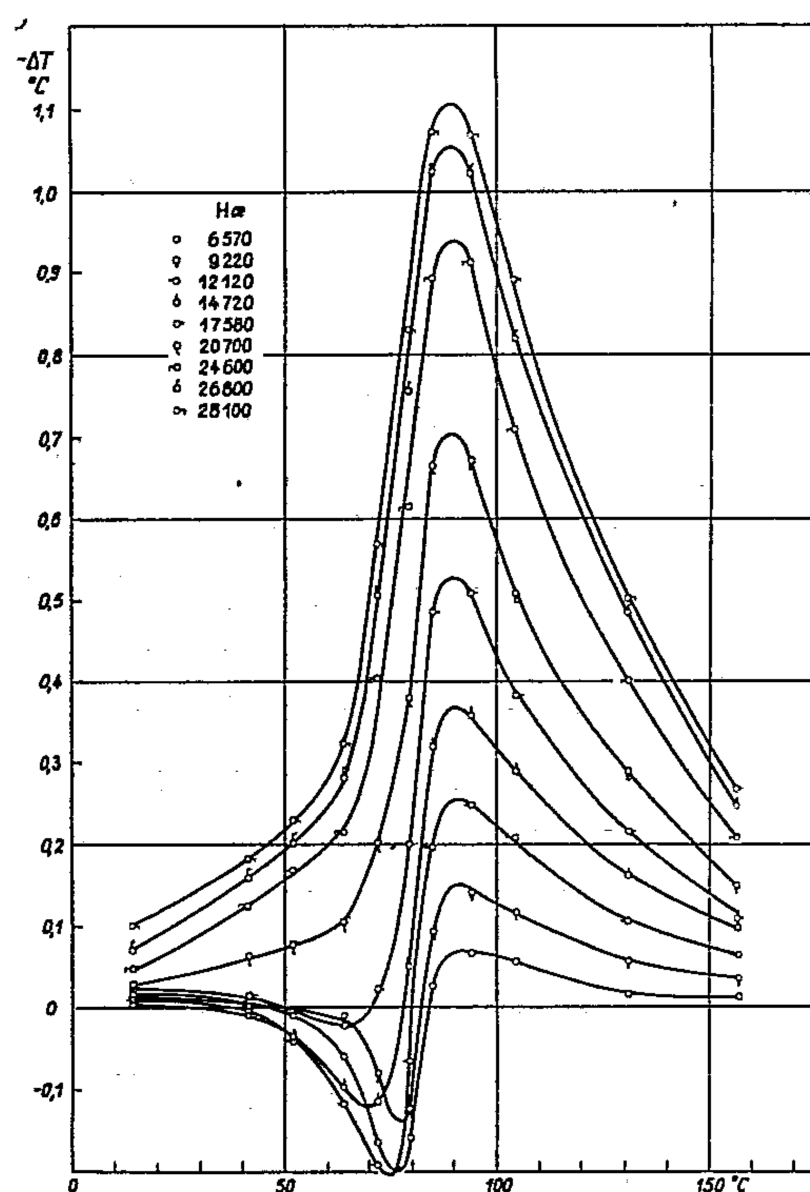


Fig. 1.

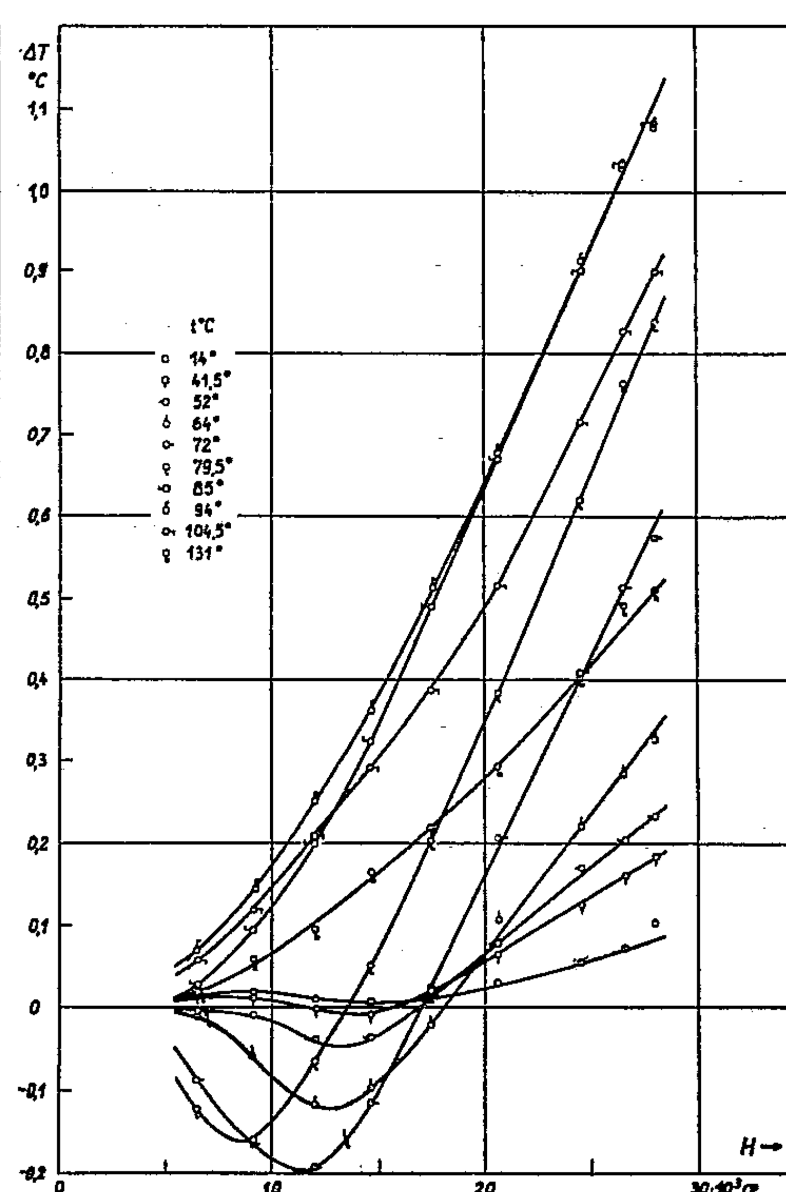


Fig. 2.

Sur la figure 2 nous avons porté l'élévation de température ΔT en fonction du champ pour différentes températures. Les courbes relevées à des températures inférieures à 90° C présentent un minimum $(\partial T/\partial H = 0)$ dans les champs faibles.

(³) Un effet magnétocalorique négatif a déjà été observé par G. A. Miljutin et S. S. Shalyt dans l'étude de $FeCl_2$ et $CoCl_2$ (*C. R. Acad. Sc. l'U.R.S.S.*, 24, 1939, p. 680).

(⁴) D. J. Olliver et W. Sucksmith, *Proc. Roy. Soc.*, A 219, 1953, p. 1.

Sur la figure 3 nous avons porté, en fonction du champ appliqué les températures pour lesquelles $dT/dH = 0$ ainsi que celles pour lesquelles $(\partial\sigma/\partial H)_H = 0$. Les courbes coïncident remarquablement. Les phénomènes observés lors de la désaimantation adiabatique sont donc en parfait accord avec la variation de l'aimantation en fonction de la température ; nous sommes bien en présence d'un effet

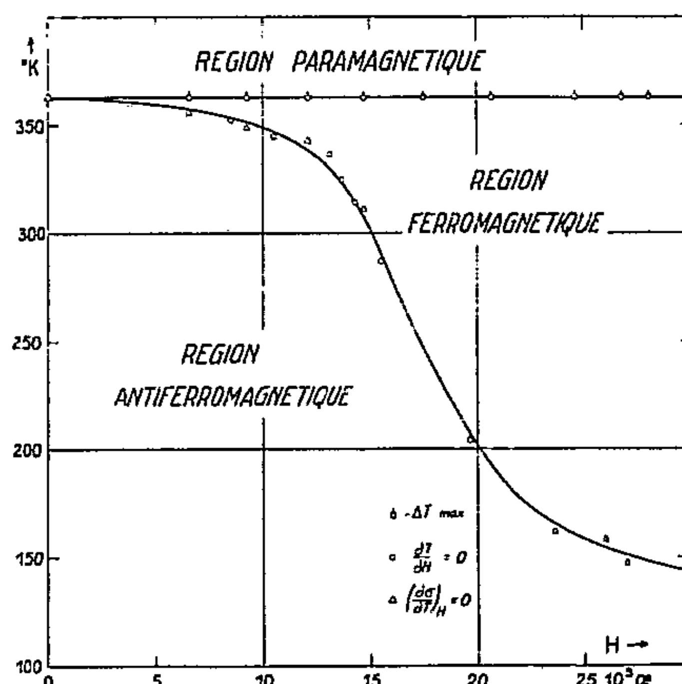


Fig. 3.

magnétocalorique négatif et l'aimantation observée de Mn Au² est effectivement une aimantation vraie. Nous en concluons que les coefficients $(\partial\sigma/\partial T)_H$ relevés sur les courbes $\sigma = f(T)$ (¹) pour des températures inférieures à la température critique T_c dénotent l'existence d'un antiferromagnétisme intrinsèque. Celui-ci disparaît sous l'action d'un champ extérieur à la température critique T_c pour laquelle $(\partial\sigma/\partial T)_H = 0$. Aux températures supérieures à T_c où $(\partial\sigma/\partial T)_H$ est négatif $MnAu_2$ se comporte comme un ferromagnétique : il est possible de définir à partir de l'effet magnétocalorique une aimantation spontanée non nulle. Aux températures supérieures à 90° C l'alliage est paramagnétique.

La figure 3 montre enfin que le domaine d'existence de l'état ferromagnétique est fonction du champ appliqué ; il tend vers zéro à 90° C pour un champ nul ; dans un champ nul l'état paramagnétique fait directement suite à l'état antiferromagnétique comme pour les antiferromagnétiques usuels.

ÉMISSION THERMIONIQUE. — *Cathodes thermioniques frittées à métal contaminé.* Note de MM. **Robert Uzan** et **Guy Mesnard**, transmise par M. Gustave Ribaud.

Nous avons résumé, dans une précédente Note (¹), les propriétés de cathodes thermioniques à oxydes alcalino-terreux comprenant un métal

---

(¹) R. Uzan et G. Mesnard, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 484.

(nickel ou tungstène) incorporé aux oxydes. Les cathodes étaient préparées par compression du mélange de poudres, puis frittage dans le vide ou dans l'hydrogène. Nous avons préparé, à partir de poudres, par des techniques analogues, des cathodes ne contenant en surface que du métal; on introduit dans la matrice de compression des couches successives de métal (nickel ou tungstène), de carbonate double de baryum et de strontium ou d'un mélange de carbonate et de métal (le carbonate se transforme en oxyde lors du chauffage), et à nouveau de métal. Après compression et frittage, on obtient un ruban chauffé directement, dont la partie externe est constituée uniquement de métal.

Ces cathodes fournissent une importante émission thermionique. Cela doit être attribué à la contamination du métal externe, normalement peu émissif, par du métal alcalinoterreux (baryum et strontium). Le métal alcalinoterreux est obtenu par réduction partielle de l'oxyde interne, suivie d'une diffusion vers l'extérieur au cours des traitements thermiques. Nous donnerons à ces cathodes le nom de cathodes capillaires, pour mettre l'accent sur le rôle essentiel de cette diffusion à travers les pores du métal externe, qui compense l'évaporation du métal alcalinoterreux lorsque la température n'est pas trop élevée. Un tel processus a déjà été utilisé dans des réalisations récentes, comme la cathode L ([2]), avec un mode de préparation différent.

Les cathodes capillaires au nickel frittées sous vide fournissent, après les traitements d'activation (1500° C pour obtenir une bonne réduction de l'oxyde, puis 1300° K pour produire la diffusion sans évaporation notable), des émissions en régime statique atteignant 100 mA/cm^2 à 1250° K. L'émission en régime d'impulsions brèves est plusieurs fois plus grande. Le passage du courant ne conduit pas à une activation supplémentaire, mais produit un léger déclin. Le travail de sortie est très faible après activation (environ 0,7 eV). L'émission est un peu inférieure si la couche interne est constituée par un mélange de nickel et d'oxyde. Le frittage dans l'hydrogène est moins favorable que le frittage dans le vide.

Les cathodes à nickel incorporé envisagées précédemment ([1]) donnaient une évolution analogue de l'émission en fonction des traitements et des émissions finales du même ordre, lorsqu'elles avaient subi un frittage dans l'hydrogène. On peut donc expliquer les propriétés de ces dernières en admettant que le frittage dans l'hydrogène avait produit une réduction importante de l'oxyde, de sorte que la surface prenait le caractère de cathodes au nickel contaminé. Au contraire, après frittage dans le vide,

---

([2]) LEMMENS, JANSEN et LOOSJES, *Phil. Tech. Rev.*, 11, 1950, p. 341; D. L. SCHAEFER et J. E. WHITE, *J. Appl. Phys.*, 23, 1952, p. 669.

on conservait les caractères essentiels des cathodes habituelles à oxydes car il y avait en surface une proportion importante d'oxyde.

Ces observations conduisent à réaliser des cathodes frittées à partir d'un mélange de poudres de nickel et de carbonate alcalinoterreux, avec une faible proportion de carbonate, juste suffisante pour produire le baryum et le strontium nécessaires pour contaminer de façon durable le nickel. On a effectivement réalisé des cathodes très émissives contenant de 80 à 90 % de nickel en poids. Elles nous ont bien donné des résultats voisins de ceux des cathodes à plus forte proportion de carbonate frittées dans l'hydrogène et voisins de ceux des cathodes capillaires (avec toutefois des effets de diffusion moins accusés, ce qui est normal). Cette réalisation a un grand intérêt pratique, car les cathodes ont une bonne robustesse mécanique. On peut fritter indifféremment dans le vide ou dans l'hydrogène.

Les cathodes capillaires au tungstène frittées sous vide donnent une évolution analogue de l'émission en fonction des traitements thermiques. L'émission aux basses températures après activation est toutefois inférieure à celle des cathodes capillaires au nickel frittées sous vide (on ne peut dépasser quelques milliampères par centimètre carré à 1050° K); à plus haute température (1250° K et au-delà), on atteint et même on dépasse l'émission des cathodes au nickel. C'est que le travail de sortie est plus grand, de l'ordre de 1,5 eV; cette valeur est sensiblement celle qui a été déjà trouvée pour le tungstène baryé et la cathode L. Ces cathodes, qui peuvent fonctionner bien au-delà de 1250° K, sont susceptibles de fournir d'importantes densités d'émission. Il vaut mieux que la couche interne soit faite uniquement avec du carbonate alcalinoterreux, plutôt qu'avec un mélange de carbonate et de tungstène. Le frittage dans l'hydrogène est nuisible, puisqu'il conduit à des émissions ne dépassant pas 10 $\mu A/cm^2$ à 1250° K. La température de frittage que nous avons adoptée dans tous ces essais était de 1100° C.

Les cathodes capillaires au tungstène sont plus émissives que les cathodes à tungstène incorporé, quelles qu'y soient les proportions, même si elles contiennent surtout du tungstène. C'est que la formation néfaste de tungstate y est plus accusée. Hughes et Coppola [3] ont indiqué des procédés permettant d'obtenir de bonnes émissions avec des cathodes à tungstène incorporé.

---

(3) R. C. Hughes et P. P. Coppola, *J. Appl. Phys.*, **23**, 1952, p. 1261.

ÉLECTROLUMINESCENCE. — *Modifications de l'électroluminescence sous l'action de la température.* Note de M. **Joseph Mattler**, présentée par M. Jean Cabannes.

Pour préciser l'influence encore insuffisamment connue de la température en électroluminescence, cette étude a été faite sur un nombre élevé de produits luminescents et dans un large domaine de température. Précautions à prendre. Résultats. Interprétation.

Une dizaine de sulfures sensibles au champ ont été étudiés entre — 155 et + 155° C. Nous avons constaté qu'un même produit sensible pouvait donner des résultats fort différents suivant le type de condensateur électroluminescent dans lequel il était introduit. Ce fait peut s'expliquer parce que le champ agissant sur les microcristaux est fonction, entre autre, de la constante diélectrique du milieu enrobant ou du milieu en contact avec le sulfure (1); une variation de cette constante entraînant une modification du champ interne, donc de l'émission. Or, lorsque la température des cellules passe de — 155 à + 155°, la constante diélectrique du milieu d'incorporation peut évidemment varier beaucoup et l'expérience allait jusqu'à faire apparaître une montée de luminescence apparemment exponentielle mais qui n'était pas à proprement parler une action directe de la température sur l'effet Destriau.

Le modèle de cellule que nous avons finalement retenu parce qu'il ne présente pas cet inconvénient est constitué de la façon suivante : Une feuille mince (3/100e mm) de mica est rendue conductrice tout en restant transparente sur une de ses faces (on projette une solution aqueuse de chlorure d'étain sur le mica chauffé à 600°); sur la face opposée est fixée, avec une très faible quantité d'araldite, la poudre sensible (épaisseur de la couche de poudre et d'araldite environ 1/100e mm), puis par dessus on dépose la seconde électrode de la cellule (dépôt métallique opaque).

Dans le domaine de température envisagé la transparence des cellules en question reste constante, l'adhérence de la poudre au mica parfaite et les propriétés électriques de l'isolant du condensateur électroluminescent ne subissent pas de trop fortes variations : la constante diélectrique de l'ensemble mica-poudre collée à l'araldite varie de quelques pour-cent seulement entre — 155 et + 80° et de 35 % environ entre + 80 et + 155°. Cette variation aux hautes températures, qui provient essentiellement de l'araldite, n'est cependant pas susceptible de modifier l'allure des courbes de température d'autant plus que dans cette région l'émission lumineuse est déjà fortement affectée par le “ quenching ” thermique.

(1) G. Destriau, *Philosophical Magazine*, 38, 1947, p. 700; S. Roberts Josa, 42, 1952, p. 850.

Les tensions de fonctionnement de nos cellules variaient entre 125 et 900 V efficaces suivant la sensibilité plus ou moins grande des sulfures; la lumière émise et ses variations étaient mesurées à l'aide d'une cellule photoélectrique à couche d'arrêt branchée directement sur un galvanomètre sensible.

L'influence de la température sur l'électroluminescence a été étudiée avec les produits suivants : ZnS (Cu) à centres bleus, à centres verts, ZnS (Ag), ZnS (Mn), ZnS (Pb), ZnS(Cu + Mn), ZnS(Cu + Pb), ZnSZnO(Cu) et ZnSZnSeZnO (Cu).

Variation de l'intensité lumineuse. — Au point de vue de l'effet de température les divers sulfures peuvent être classés en deux catégories :

a. Ceux dont l'émission augmente en partant des basses températures, puis décroît après avoir atteint un maximum au voisinage de la température ambiante (*fig.* 1).

b. Ceux dont l'émission diminue constamment entre — 155 et + 155° (*fig.* 2).

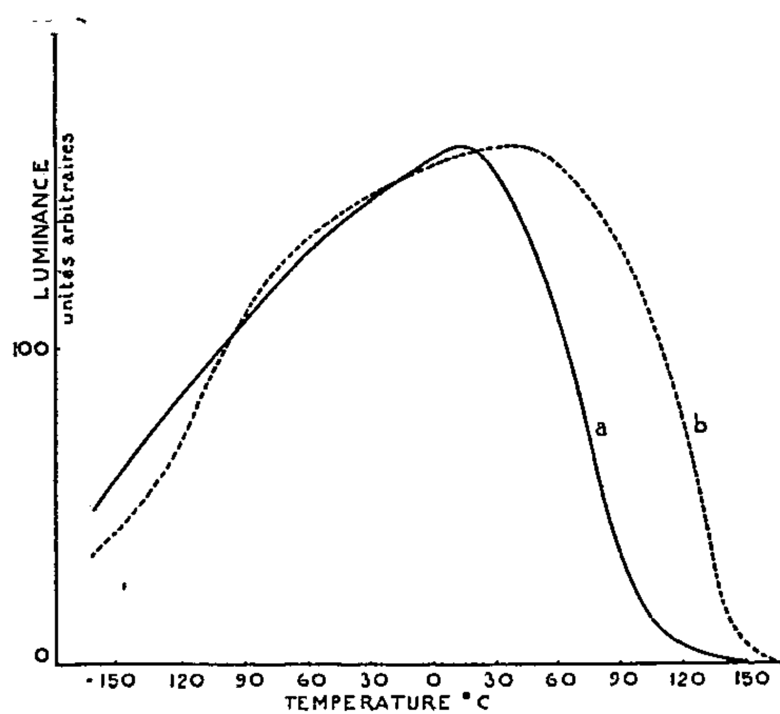


Fig. 1.

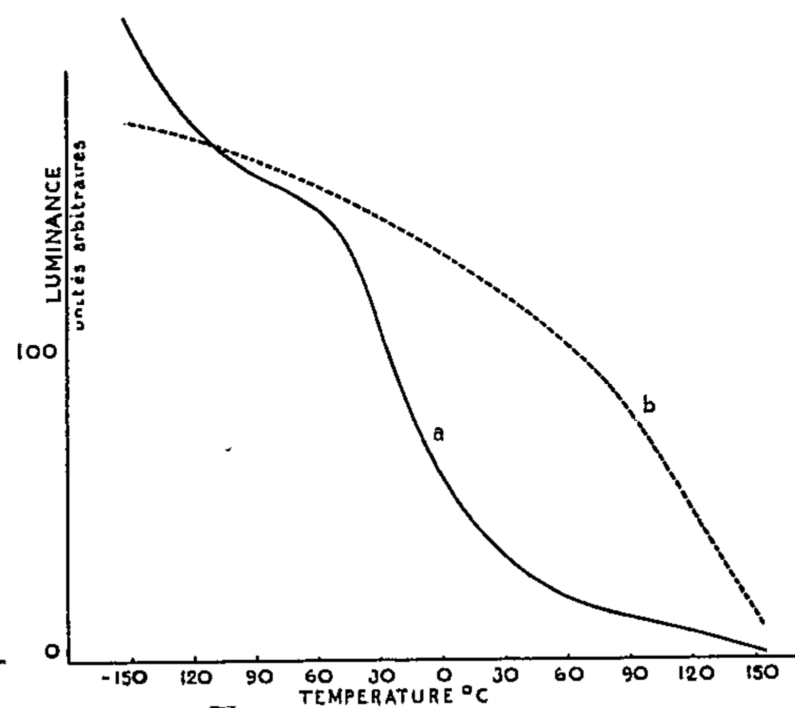


Fig. 2.

Fig. 1. — *a.* ——— ZnS(Cu) à centres bleus; *b.* - - - - - ZnS(Cu) à centres verts.

Fig. 2. — *a.* ——— ZnSZnSeZnO(Cu); *b.* - - - - - ZnS(Mn).

Les sulfures de zinc activés au cuivre (à émission bleue ou verte), à l'argent, ainsi que ZnS(Cu + Pb) appartiennent à la première catégorie; les sulfures activés au manganèse, au plomb ainsi que ZnS (Cu + Mn), ZnSZnO (Cu) et ZnSZnSeZnO (Cu) à la seconde.

Modifications spectrales. — En faisant varier la température on ne change pas seulement l'intensité de l'émission mais dans certains cas aussi son spectre. La luminescence des cellules activées au manganèse vire légèrement du jaune à l'orange par refroidissement, les sulfures de zinc au cuivre à centres verts et le sulfoséléniure passent franchement au bleu,

tandis que le sulfure doublement activé (Cu + Mn), gris-blanc à température ambiante, devient nettement jaune (affaiblissement de la bande bleue ou verte et renforcement de la jaune).

Interprétation des résultats. — L'électroluminescence des solides peut, ou augmenter ou diminuer, en partant des basses températures.

L'augmentation est cependant toujours lente et correspondrait, dans l'hypothèse d'une activation thermique, au vidage de niveaux de profondeur quelques centièmes d'électrons-volts qui seraient en réalité vidés depuis des températures bien plus basses. L'absence d'activation thermique semble indiquer que c'est principalement le champ qui vide les niveaux donneurs ([2]) pour amener les électrons dans la bande de conductibilité où ils sont accélérés et acquièrent l'énergie suffisante pour exciter les centres luminogènes.

Lorsque la brillance, par contre, diminue en partant des basses températures (*fig.* 2), on peut alors invoquer le fait que le libre parcours moyen des électrons est plus grand à basse température, ce qui facilite évidemment le mécanisme de l'accélération des électrons. Ceci est valable également pour les sulfures qui ont une montée aux basses températures, mais suivant le cas l'un ou l'autre des effets peut l'emporter.

Aux hautes températures, au-delà de 50° environ, nous avons dans tous les cas une diminution, voire une disparition, de l'électroluminescence comparable à l'extinction thermique bien connue en photoluminescence.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Variation des fréquences Raman avec la température et résonance quadrupolaire.* Note (*) de MM. **Bernard Dreyfus** et **Daniel Dautreppe**, présentée par M. Louis Néel.

Explication théorique des courbes de variation thermique de la fréquence de résonance quadrupolaire pour p$C_6H_4Cl_2$ et p$C_6H_4Br_2$ ([1]) à partir de l'effet H. Bayer ([2]) et en tenant compte de la variation thermique des fréquences Raman.

Le calcul de $\nu_Q(T) - \nu_Q(0)$ fait intervenir la somme des deux carrés moyens des amplitudes de vibration de la liaison C — X (X, halogène) autour de sa position d'équilibre, pour les deux degrés de liberté correspondant aux deux

([2]) D. Curie, *J. Phys. Rad.*, 14, 1953, p. 510 et 672.

(*) Séance du 29 novembre 1954.

([1]) D. Dautreppe, B. Dreyfus et M. Soutif, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2309 et D. Dautreppe et A. Blaise, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 493.

Par suite d'une erreur le facteur 1/2 a été omis dans les deux notes ci-dessus et il convient de diviser les ordonnées des courbes théoriques par 2.

([2]) *Z. Phys.*, 130, 1951, p. 227.

axes de pivotement perpendiculaires à C — X. Pour chaque degré de liberté on a

$$\overline{\theta^2(t, T)} = \frac{1}{4\pi^2\Theta} \int_{\nu_1}^{\nu_2} \frac{h\nu}{\nu^2} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \right) n(\nu)\, d\nu.$$

Nous calculons cette intégrale en supposant une chaîne linéaire d'oscillateurs couplés avec leurs premiers voisins ; dans ce cas $n(\nu)$ s'obtient simplement. On peut aussi bien remplacer le spectre par deux pics d'aire égale centrés sur les fréquences extrêmes. L'erreur ainsi commise provient du remplacement de $1/\nu_1\nu_2$ par $(1/2)[(1/\nu_1^2)+(1/\nu_2^2)]$. Elle est négligeable pour les vibrations hors du plan de la molécule ($\nu_2/\nu_1 \# 1$) et de l'ordre 13 % pour les vibrations dans le plan ($\nu_2/\nu_1 \sim \sqrt{3}$). Dans ce dernier cas l'erreur sur $\nu_Q(T) - \nu_Q(0)$ n'est que de 6 %.

L'énergie provenant d'un degré de liberté est alors la demi-somme des énergies des deux oscillateurs correspondants ν_1 et ν_2 [*cf.* ([1])]. L'accord entre les valeurs calculées et observées pour $\nu_Q(T) - \nu_Q(0)$ est excellent *mais seulement pour* T = 300° K (*température ordinaire*), c'est-à-dire pour la température même où ont été mesurées les fréquences Raman. Par contre, les pentes des courbes théoriques et expérimentales diffèrent notablement, et les courbes ne coïncident pas aux autres températures (*fig.* 1).

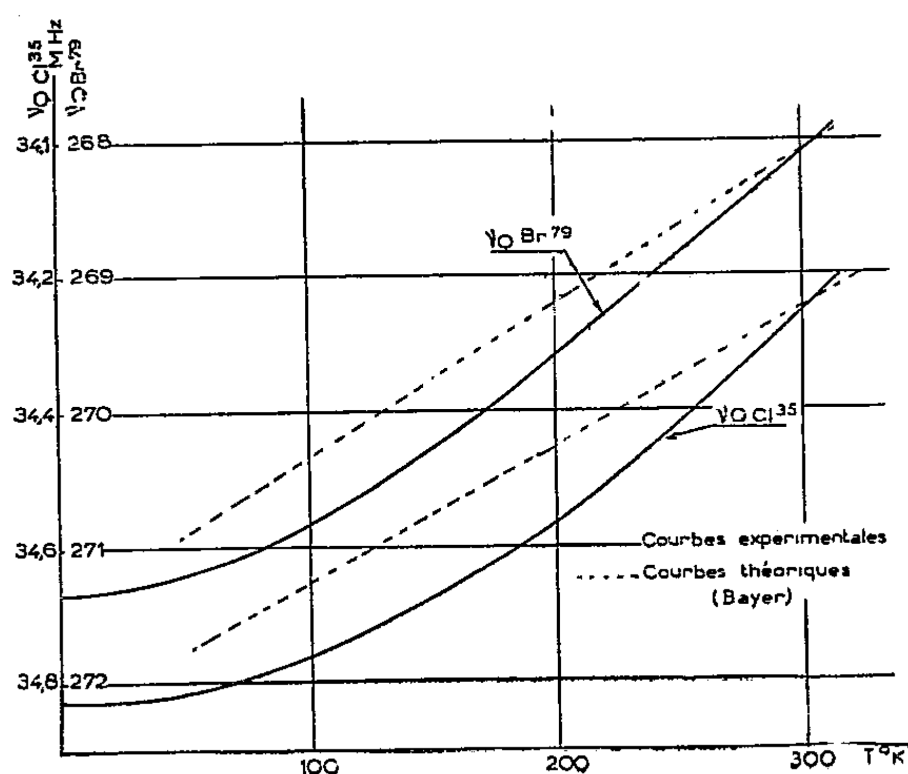


Fig. 1.

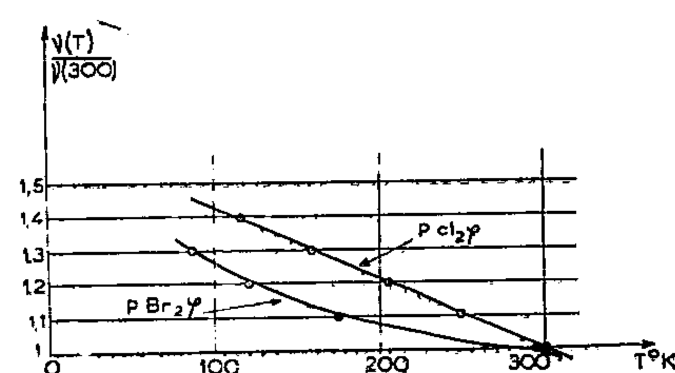


Fig. 2.

Nous proposons d'expliquer cette différence par la croissance des fréquences Raman lorsque la température diminue. L'expérience étant conduite à pression constante, il y a contraction du cristal et par suite augmentation des forces de cohésion, d'où croissance des fréquences.

Nous avons cherché quelle devait être la loi de variation des fréquences Raman pour retrouver exactement nos courbes expérimentales. Sur la figure 2

sont portées les courbes $\nu(T)/\nu(300)$ obtenues en supposant que toutes les fréquences varient proportionnellement. Cette hypothèse calquée sur la théorie de Grüneisen des substances isotropes ne peut donner dans notre cas qu'un ordre de grandeur.

Le coefficient de Grüneisen $\gamma = \alpha V_0/\chi C_v = -d(\mathrm{Log}\,\nu)/d(\mathrm{Log}\,V)$ que l'on peut tirer de ces courbes vaudrait environ 5 pour $p - Cl_2\varphi$ en prenant $\alpha \sim 3.10^{-4}$ (naphtalène) tandis qu'il est de l'ordre de 1 à 3 pour les métaux. Au-dessus de la température de Debye où α est en principe constant (comme C_v) les courbes $\nu(T)/\nu(300)$ devraient être de la forme $\exp[\gamma\alpha(300 - T)]$, c'est-à-dire presque des droites. Cela est bien vérifié pour $p - Cl_2\varphi$, pas du tout pour $p - Br_2\varphi$. On ne peut en tirer aucune conclusion précise, notre traitement n'étant valable en toute rigueur que pour le modèle de Debye, qui n'est guère applicable ici.

Quoi qu'il en soit, nos résultats montrent que les fréquences Raman doivent croître de 50 % entre la température ordinaire et 78° K; il s'agit donc d'un effet considérable totalement négligé jusqu'à présent.

Ces conclusions sont confirmées par les mesures Raman de M. Vuks (³) sur les mêmes substances pour de petits intervalles de températures : ainsi une raie externe de $p - Cl_2\varphi$ croît de 27,5 à 28,4 cm^{-1} lorsque t décroît de 20 à 4° C ce qui malgré l'imprécision des mesures conduit par extrapolation à une augmentation de 45 % de la fréquence lorsqu'on refroidit à l'air liquide. Pour le benzène A. Frühling (⁴) trouve une augmentation de 30 % pour une raie lorsque t varie de 0 à − 85° C. Bien que très grandes, les variations de fréquences Raman que nous trouvons sont donc tout à fait vraisemblables.

Notations : $\nu_Q(T)$, fréquence de résonance quadrupolaire à T° K;
$\nu(T)$, fréquence de pivotement de la molécule dans le cristal;
Θ, moment d'inertie de la molécule;
$n(\nu)$, densité spectrale relative;
ν_1, ν_2, fréquences extrêmes du spectre (⁵);
α, coefficient de dilatation thermique;
V_0, volume spécifique;
χ, compressibilité;
C_v, chaleur spécifique à volume constant.

(³) *Acta Physicochimica U.R.S.S.*, 6, 1937, p. 11.
(⁴) *Ann. Phys.*, 6, 1951, p. 401.
(⁵) Rousset et Lochet, *J. Phys. Rad.*, 3, 1942, p. 146.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Influence de la région de proportionnalité limitée sur la valeur du seuil de Geiger des compteurs à cylindre de verre et graphitage externe.* Note de M. **Daniel Blanc**, présentée par M. Francis Perrin.

Les impulsions semi-proportionnelles chargent la paroi interne du verre : le seuil de Geiger augmente d'autant plus qu'elles sont plus nombreuses. Pour des gammas monoénergétiques, cette augmentation est proportionnelle au taux de comptage tant que l'intervalle séparant deux impulsions successives est supérieur ou égal au temps de restitution. Sous irradiations plus fortes, le seuil tend vers une valeur limite.

L'apport de charges sur la paroi interne du verre par les impulsions de la région de proportionnalité limitée explique l'augmentation du seuil de Geiger avec le taux de comptage ([1]). Pour une tension de cette région, soient N impulsions par seconde, $\bar{q}$ la charge moyenne par impulsion, R la résistance du cylindre de verre. Le potentiel par rapport à la masse de la paroi interne du verre est

$$v = N\bar{q}R. \tag{1}$$

Ceci suppose la constante de temps du circuit équivalent au cylindre de verre très grande devant la durée d'une impulsion, ce qui est le cas pour les différents verres utilisés (UVK — 1, novo, pyrex).

Charge par impulsion dans la région de proportionnalité limitée. — La figure 1 donne la variation de $\bar{q}$ en fonction de la tension, obtenue à l'oscillographe sur un compteur à paroi métallique irradié par des γ monoénergétiques. Si le seuil q_d du circuit électronique associé au compteur est faible (tension de quelques centièmes de volt), la partie de courbe au-dessus de cette valeur est assimilable à une parabole d'axe OV et de sommet V_D, tension pour laquelle le circuit commence à enregistrer des comptages. D'autre part, l'expérience montre que $\bar{q}$ est proportionnelle à la longueur efficace L du compteur :

$$\bar{q} = BL\sqrt{V - V_D},$$

B étant une constante pour un remplissage, un diamètre de fil et un diamètre intérieur de cylindre donnés. Donc, pour le seuil de Geiger V_G :

$$q = BL\sqrt{V_G - V_D}. \tag{2}$$

Cas des compteurs à graphitage externe. — La valeur V_G de (2) correspond ici à une irradiation faible, pour laquelle v est négligeable. Nous la désignerons par V_G^0. Pour N_0 impulsions par seconde au seuil de Geiger, l'augmentation du

([1]) D. Blanc, *J. Phys. Rad.*, 8, 1954, p. 693.

seuil est, d'après (1) :

$$\Delta V_G = N_0(BL\sqrt{V_G^0 - V_D})R.$$

Soient a le diamètre du fil, b le diamètre intérieur du cylindre, e son épaisseur et ρ la résistivité du verre :

$$(3) \qquad \Delta V_G = BN_0\rho\frac{e}{\pi b}\sqrt{V_G^0 - V_D}$$

Vérification expérimentale. — Les compteurs, remplis d'un mélange argon-méthylal standard, sont soumis aux γ du cobalt 60 (1,17 MeV, 1,33 MeV).

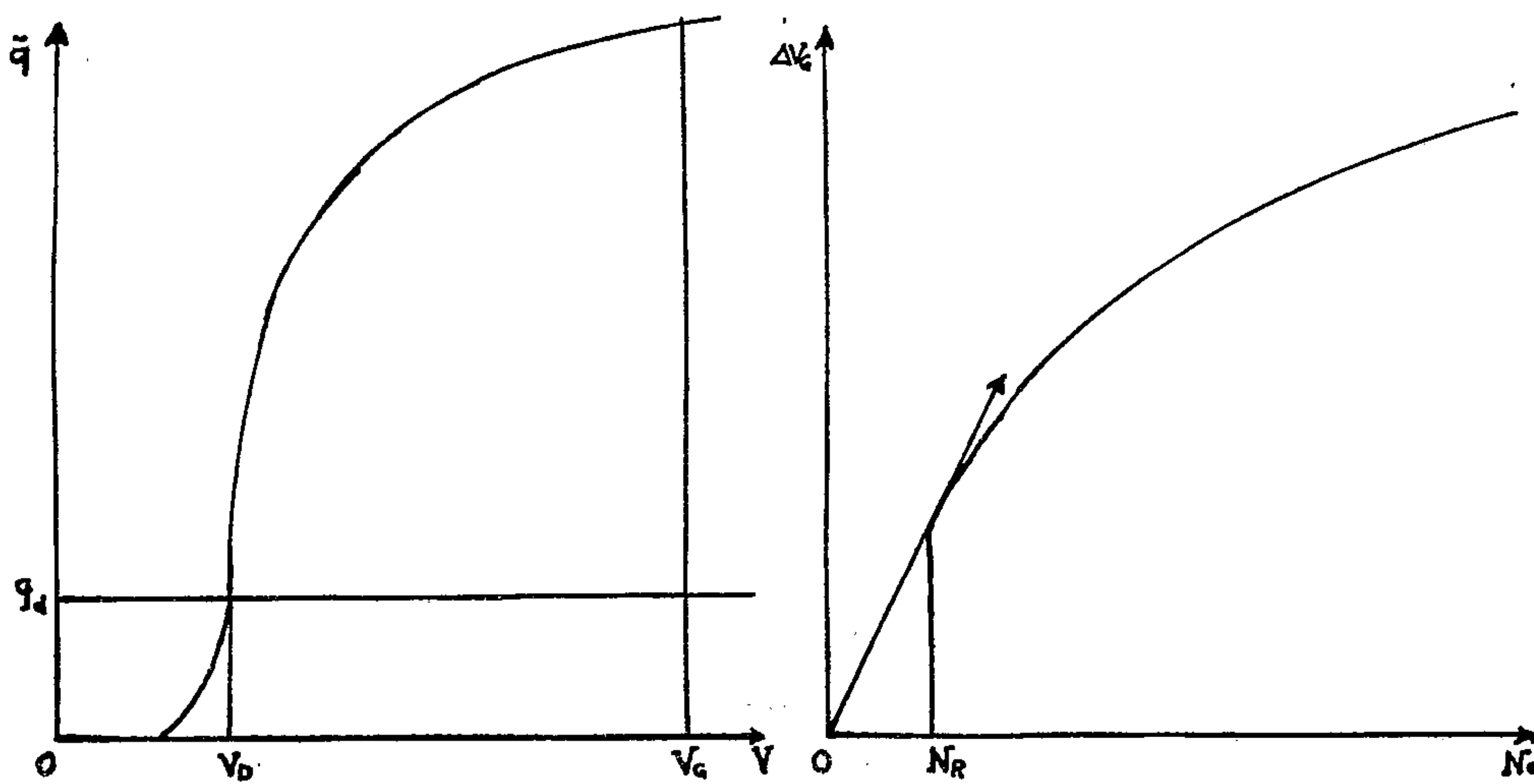


Fig. 1. Fig. 2.

L'équation (3) se vérifie parfaitement jusqu'à une valeur N_R du taux de comptage (entre 2 000 et 4 000 impulsions/s, suivant les dimensions du compteur). Au-dessus, la courbe prend un aspect parabolique, et le seuil tend vers une valeur limite (*fig.* 2). Il faut noter que, dans la pratique, on utilise le détecteur dans la partie linéaire de la courbe et que N_R correspond à une irradiation très intense.

Au-dessus de N_R, la charge par impulsion est plus faible que la valeur prévue : l'intervalle moyen entre deux impulsions successives est plus petit que le temps de restitution, c'est-à-dire pratiquement le temps mis par les ions produits dans la décharge de Townsend pour atteindre le cylindre. De N_R, on déduit ce temps de restitution, le seuil du circuit associé étant assez faible pour que toutes les impulsions soient enregistrées. Les valeurs obtenues varient entre 2,5 et 5.10^{-4} s : on confirme ainsi que les compteurs à graphitage externe ont un pouvoir de résolution égal à celui des compteurs classiques.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Corrélation angulaire des électrons de paires du rayonnement γ de* 3,09 MeV *du carbone* 13. *Mesure de la multipolarité de ce rayonnement.* Note de MM. **Serge Gorodetzky, Raymond Armbruster, Pierre Chevallier** et **André Gallmann**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le noyau ^{13}C présente un premier niveau excité à 3,09 MeV. Ce niveau peut être atteint par la réaction ^{12}C (*d, p*) ^{13}C. Pour une énergie de 1,2 MeV des deutons incidents les seuls niveaux de ^{13}C obtenus sont le niveau fondamental et le premier niveau excité. De ce niveau excité on retombe au niveau fondamental principalement par émission de rayonnement γ. Ce rayonnement γ donne lieu partiellement à des paires de matérialisation interne.

L'étude de la corrélation angulaire des deux électrons positif et négatif de paire permet, par la méthode de M. E. Rose ([1]), ([2]) d'établir la multipolarité du rayonnemeut γ correspondant.

Lorsqu'on bombarde le noyau ^{12}C avec des deuterons de 1,2 MeV se produit également la réaction ^{12}C (*d, n*) ^{13}N. Or ^{13}N, du fait du bilan d'énergie, ne peut être obtenu que dans l'état fondamental. ^{13}N est radioactif β^+, l'énergie maxima des électrons positifs étant de 1,2 MeV.

Dans l'étude de la corrélation des électrons de paires il faut éviter que les électrons de la radioactivité du ^{13}N ne produisent des effets parasites.

La mesure de la multipolarité du rayonnement γ de 3,09 MeV a été faite par R. G. Thomas et T. Lauritsen ([3]). Ces auteurs étudient le spectre des électrons positifs des paires de conversion interne. Ils montrent ainsi que le rayonnement est dipolaire électrique E(1).

La courbe de corrélation des électrons de paires obtenue par nous vérifie par une méthode indépendante le caractère E(1) du rayonnement γ (*fig.* 1).

Ces courbes théoriques pour les rayonnements E(1), E(2) et M(1) sont tracées en traits pleins. Ces courbes sont obtenues par intégration des relations (7) et (8) de Rose ([1]). De plus on a tenu compte d'un absorbant de 7/10e de millimètre d'aluminium placé pour se protéger des électrons positifs de radioactivité de ^{13}N. Cette correction est d'ailleurs faible (*fig.* 2).

Le résultat obtenu est, on le sait, compatible avec les valeurs J = 1/2 — pour le niveau fondamental du noyau C_{13} et 1/2 + pour le premier niveau excité [F. A. Jenkins ([4]), J. Rotblat ([5])].

Pour la mesure de la corrélation on a utilisé un circuit à coïncidences de

---

([1]) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 678.
([2]) S. Devons et G. Goldring, *Proc. Phys. Soc.*, 67, 1954, p. 413.
([3]) *Phys. Rev.*, 88, 1952, p. 969.
([4]) *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 355.
([5]) *Nature*, 167, 1951, p. 1027.

temps de résolution de 2.10^{-8} s. Les scintillants sont des disques d'anthracène de 10 mm de diamètre et de 1 mm d'épaisseur. La cible bombardée est formée

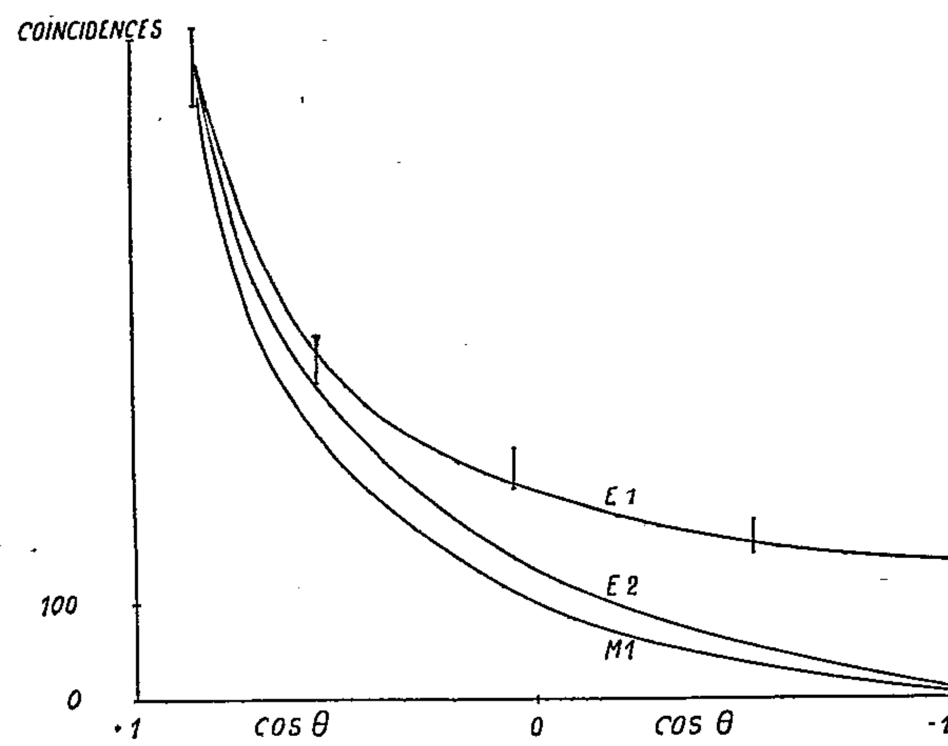


Fig. 1.

par un dépôt de carbone en solution colloïdale dans l'acétone sur un support d'aluminium de 5/1000e de millimètre.

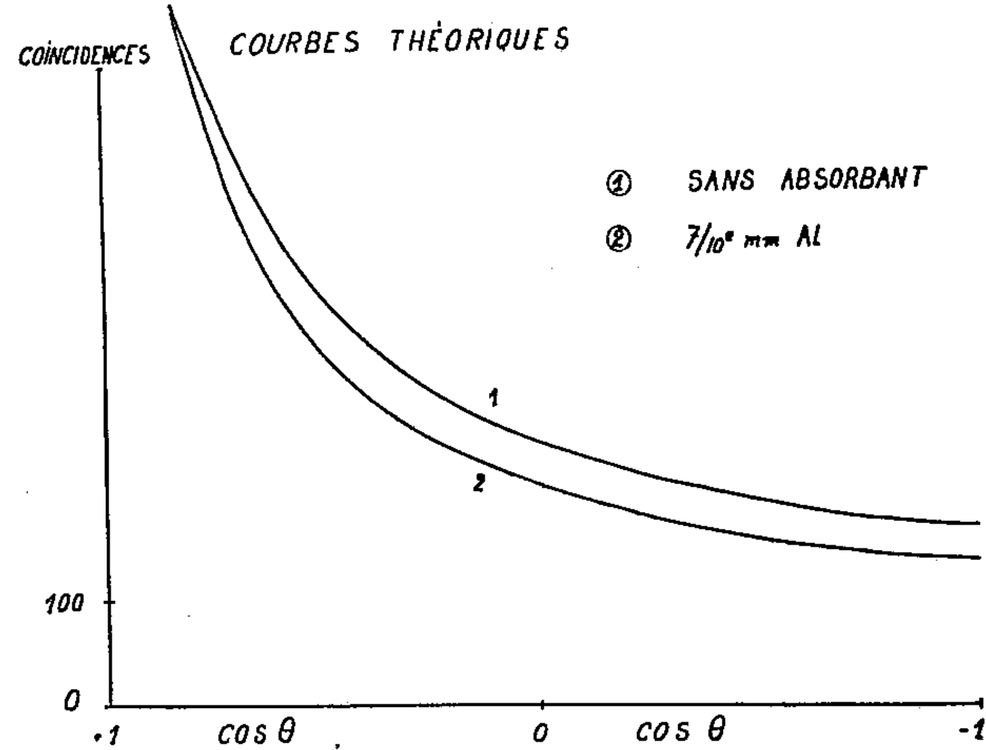


Fig. 2.

La boîte de corrélation angulaire proprement dite, qui contient sous vide la cible et comporte dans différents azimuts des fenêtres minces, a été dessinée de

telle manière que le nombre d'électrons parasites soit réduit au minimum. Des expériences préliminaires ont permis de vérifier qu'il en est bien ainsi. En particulier la courbe très bien connue de corrélation angulaire des électrons de paires de la transition monopolaire du noyau ^{16}O (passage du noyau O^{+} excité de 6,05 MeV, O^{+} à l'état fondamental) a pu être parfaitement reproduite ([6]).

Le taux de coïncidences fortuites a été réduit à 1/4.

Nous avons en préparation des expériences dans lesquelles en plus de la corrélation angulaire des électrons de paires se trouve, pour chaque événement, mesurée l'énergie totale de la paire (par addition des énergies des deux électrons positif et négatif). Ainsi on vérifierait que la paire est bien attribuée à un rayonnement γ déterminé. Cette méthode nous paraît avoir de grandes possibilités dans l'étude de rayonnements γ de spectres complexes.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure au compteur proportionnel du rapport capture-L/capture K de* ^{71}Ge. Note (*) de M. **Michel Langevin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

On a mesuré le rapport capture L/capture K de ^{71}Ge introduit sous forme gazeuse dans un compteur proportionnel rempli de propane. On obtient $\lambda L/\lambda K = 0{,}30 \pm 0{,}02$. Ce résultat utilisant la valeur $Rk = 0{,}45$ pour le rendement de fluorescence du gallium est en désaccord avec les prévisions théoriques.

La capture électronique de ^{71}Ge a été étudiée par la technique expérimentale déjà utilisée pour ^{79}Kr ([1]). La source de ^{71}Ge a été préparée par irradiation de germanium métallique à la pile atomique de Saclay par la réaction $^{70}Ge\,(n, \gamma)\,^{71}Ge$. Après le temps nécessaire à la décroissance de l'activité du ^{77}Ge (12 h) formé, le germanium a été mis sous forme gazeuse par action de l'amalgame de sodium sur une solution aqueuse de GeO_2. Le tétrahydrure de germanium obtenu a été purifié par distillation fractionnée après condensation à la température de l'azote liquide. Une quantité convenable de gaz actif a été ensuite incorporée au remplissage de propane du compteur proportionnel. Le tétrahydrure de germanium ne perturbe en aucune façon le fonctionnement du compteur proportionnel et n'est pas décomposé par le calcium chauffé à 150° nécessaire à l'élimination des gaz nuisibles au bon fonctionnement du compteur. On a pu, de plus, vérifier qu'il n'y avait pas adsorption du gaz actif ni décomposition par l'avalanche électronique et dépôt de l'activité sur les parois.

La mesure a été faite peu après l'irradiation afin d'éviter les perturbations

(6) S. Gorodetzky, R. Armbruster et P. Chevallier, *Colloque de Paris*, juillet 1954.

(*) Séance du 29 novembre 1954.

(1) M. Langevin et P. Radvanyi, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 77.

dues aux anomalies possibles de l'activité du Germanium déjà signalées [2]. Après analyse du spectre d'impulsion, on observe une raie K d'énergie 10,4 KeV correspondant à la détection d'un électron Auger K suivi de tout le processus de réarrangement atomique (*fig.* 1) et une raie complexe L (*fig.* 2) de 1,1 keV

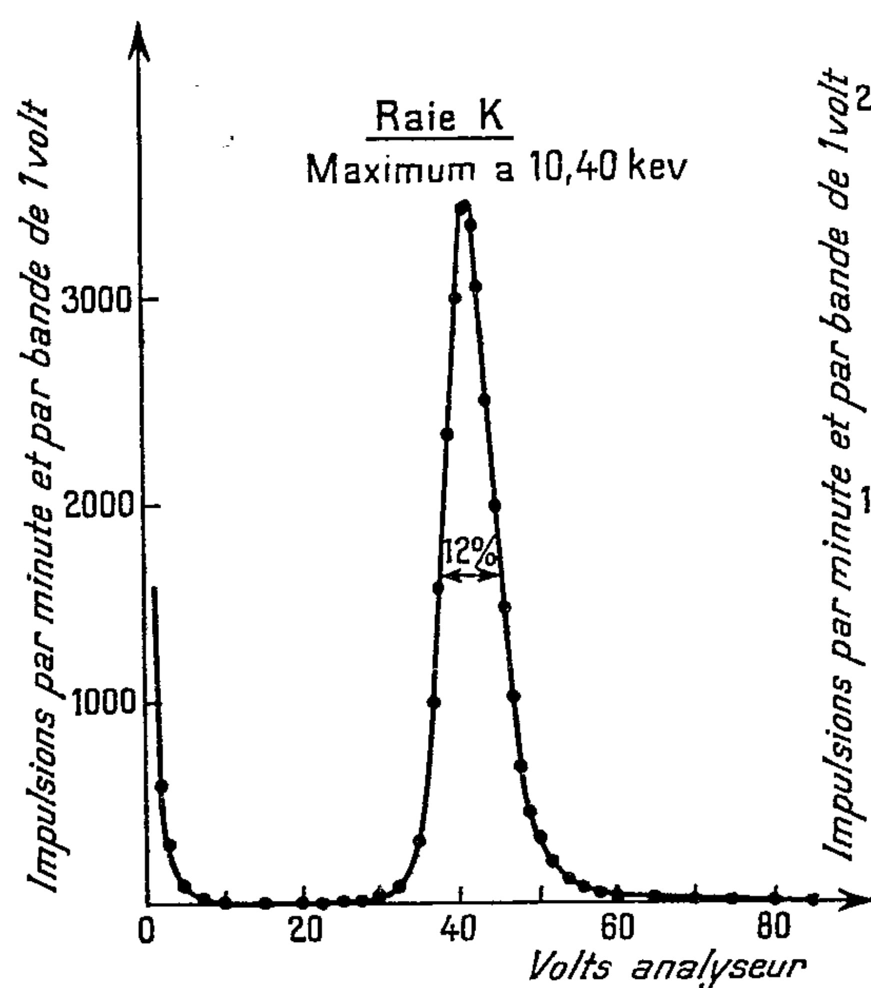


Fig. 1.

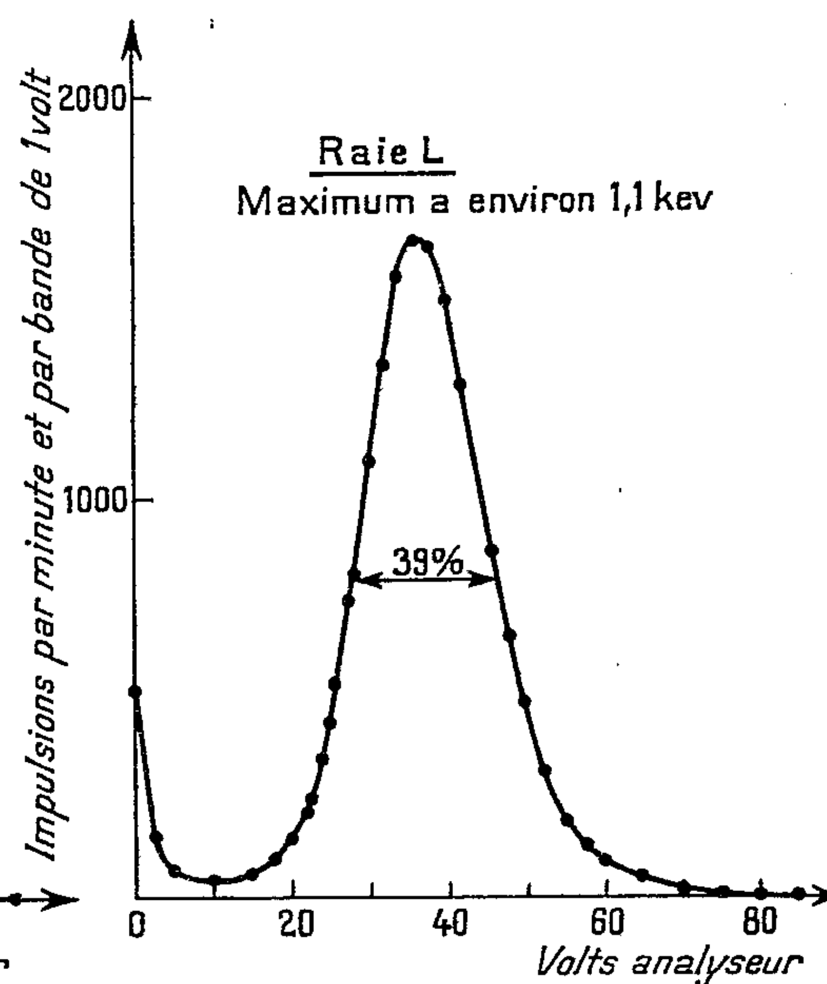


Fig. 2.

correspondant à l'échappement des photons Kα et à la totalité de la capture L. L'intensité des raies N_L et N_K a été déterminée dans deux séries de mesures aux pressions respectives de 38 cm Hg et de 70 cm Hg. Les tensions de fonctionnement étaient de 3040 V et de 4425 V.

On a

$$\frac{\text{capt L}}{\text{capt K}} = \frac{N_L}{N_K}(1+\varepsilon)(1-R_K) - kR_K,$$

ε étant un facteur de correction tenant compte de l'absorption de quelques photons K, de l'effet de paroi et de l'échappement de quelques photons L à la pression de propane utilisée. Pour le gallium ($Z = 31$), la proportion k des photons Kα dans la série K correspond à $k = 0,865$ [3].

Le rendement de fluorescence R_K pour le gallium a été déterminé par la formule semi-empirique de E. H. S. Burhop [4] avec $a_K = 1,12.10^6$ ce qui donne $R_K = 0,45$.

(2) M. Langevin, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2518.
(3) J. H. Williams, *Phys. Rev.*, 44, 1933, p. 146.
(4) « *The Auger Effect* », Cambridge University Press, 1952.

Dans ces conditions, on obtient à 38 cm Hg :

$$N_K = 49\,000, \quad N_L = 61\,500 \quad \text{donc avec} \quad \varepsilon \simeq 0{,}02, \quad \frac{\text{capt L}}{\text{capt K}} = 0{,}305$$

et à 70 cm Hg :

$$N_K = 28\,500, \quad N_L = 34\,000 \quad \text{donc avec} \quad \varepsilon \simeq 0{,}04, \quad \frac{\text{capt L}}{\text{capt K}} = 0{,}295.$$

Ces deux mesures étant concordantes et les erreurs principales provenant des fluctuations statistiques dans l'analyse du spectre d'impulsions, on peut donner pour valeur du rapport capture L/capture K de ^{71}Ge la valeur :

$$\frac{\text{capt L}}{\text{capt K}} = 0{,}30 \pm 0{,}02.$$

Si les valeurs utilisées pour k et R_K sont exactes, ce résultat confirme le désaccord déjà constaté à propos de ^{79}Kr. En effet, la théorie actuelle ([5]) donne 0,10 pour ^{71}Ge dont la transition d'énergie 235 keV ([2]), ([6]) est permise.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Correction des spectres continus β due au pouvoir de résolution limité du spectrographe.* Note (*) de M. **Louis Feuvrais** et Mlle **Tosiko Yuasa**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Examen de la correction à apporter aux spectres continus β, due au pouvoir de résolution du spectrographe, lorsque celui-ci donne d'une raie monocinétique une distribution gaussienne. L'application au cas d'un spectrographe à lentille magnétique épaisse, et pour un pouvoir de résolution de 3 %, conduit à une correction négligeable sur toute l'étendue du spectre, exceptée à sa limite supérieure,

Pour diverses raisons, un spectrographe donne, d'une raie monocinétique, une certaine distribution énergétique étendue. Il peut en résulter une déformation des spectres continus β expérimentaux.

Owen et Primakoff ([1]) ont déterminé la correction à apporter à un spectre continu β obtenu avec un spectrographe magnétique à focalisation de 180°. Nous avons repris cette étude relative à un spectrographe à lentille magnétique épaisse, étude valable pour tous les spectrographes donnant d'une raie monocinétique une distribution gaussienne.

Méthode de correction. — Soit $\mathcal{N}(p)$ le nombre d'électrons comptés par le

---

([5]) M. E. Rose et J. L. Jackson, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1540.

([6]) B. L. Saraf, J. Varma et C. E. Mandeville, *Phys. Rev.*, 91, 1953, p. 1216.

(*) Séance du 29 novembre 1954.

([1]) G. E. Owen et H. Primakoff, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1406.

détecteur, lors du tracé d'un spectre continu β, pour un champ magnétique fixé, H, correspondant à un moment cinétique électronique p.

Nous définissons la distribution expérimentale du spectre $M(p) \equiv \mathcal{N}(p)/\Delta H\rho$, avec $p = CH\rho$, ρ étant le rayon de courbure des trajectoires des électrons, $\Delta H\rho/H\rho \equiv k$: pouvoir de résolution, et C une constante.

Soit $N(p')\,dp'$ le nombre d'électrons ayant un moment cinétique à la sortie des noyaux de la source, compris entre p' et $(p'+dp')$. $N(p)$ représente en conséquence la distribution vraie du spectre continu β.

Nous considérons qu'un spectre continu β est constitué par la juxtaposition d'une infinité de raies monocinétiques. En un point p du spectre continu se trouvent comptés, par suite de l'étendue des raies monocinétiques, des électrons ayant des moments cinétiques différents de p.

Nous définissons $K(p, p')$ comme étant la probabilité qu'à un électron ayant un moment cinétique p' d'être compté dans l'intervalle $(p, p+dp)$. Nous limitons notre étude à une distribution gaussienne des raies monocinétiques. Dans ces conditions :

$$(1) \qquad K(p, p') = \frac{1}{a\sqrt{\pi}} e^{-\left(\frac{p-p'}{a}\right)^2}, \qquad \text{où} \quad a = \frac{k}{2}(\log_e 2)^{-\frac{1}{2}} p' \equiv bp'.$$

Et, il en résulte :

$$(2) \qquad M(p) = \int_0^\infty N(p') K(p, p')\,dp'.$$

En utilisant (1) et en développant $N(p')$ autour de p, la relation (2) devient

$$M(p) = \int_0^\infty \left[N(p) + \frac{(p'-p)}{1}\left(\frac{dN}{dp'}\right)_p + \frac{(p'-p)^2}{1.2}\left(\frac{d^2N}{dp'^2}\right)_p + \ldots \right] \frac{1}{a\sqrt{\pi}} e^{-\left(\frac{p'-p}{a}\right)^2} dp',$$

d'où l'on obtient

$$M(p) \simeq N(p) + ab\left(\frac{dN}{dp'}\right)_p + \frac{a^2}{4}\left(\frac{d^2N}{dp'^2}\right)_p + \ldots.$$

Si l'on admet *a priori* que $N(p)$ est très voisin de $M(p)$, on peut écrire

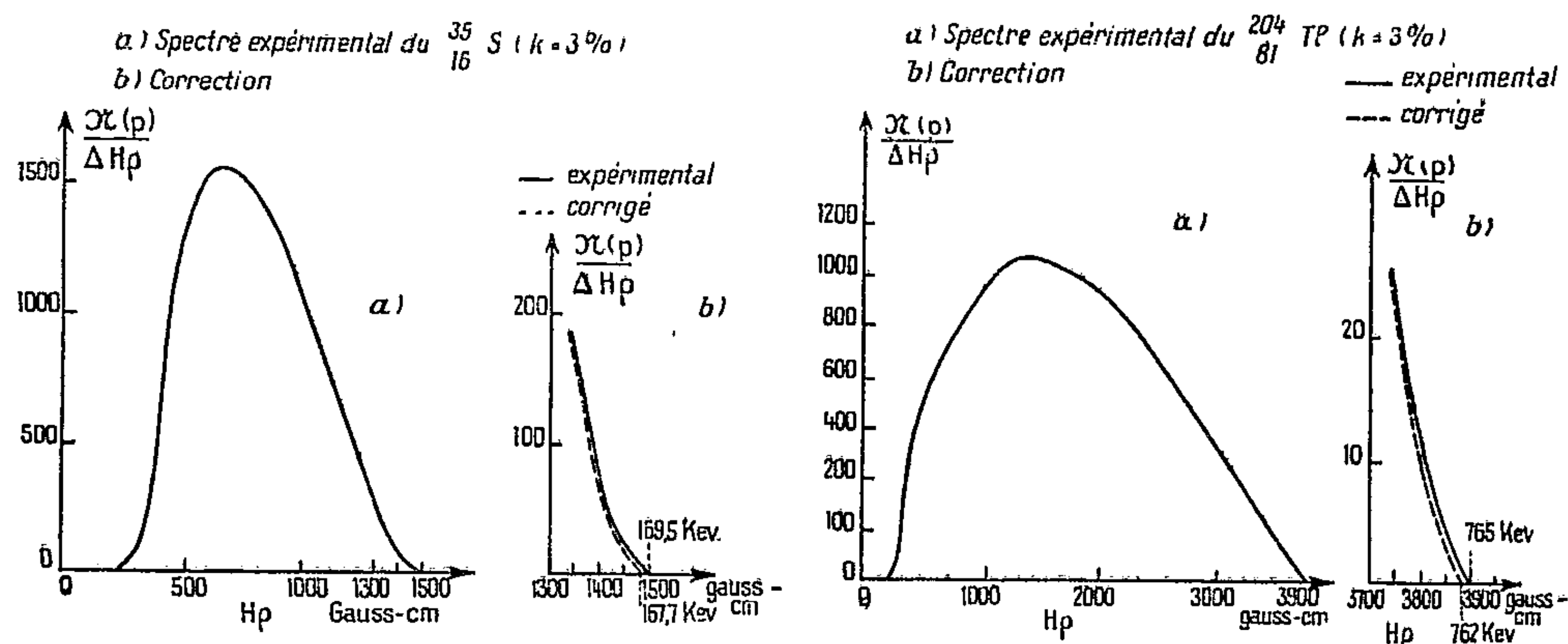
$$(3) \qquad N(p) \simeq M(p) - ab\left(\frac{dM}{dp'}\right)_p - \frac{a^2}{4}\left(\frac{d^2N}{dp'^2}\right)_p - \ldots.$$

Application à un spectrographe à lentille magnétique épaisse. — La forme des raies monocinétiques A, B, C, F et I du ThB et du ^{137}Cs observées à l'aide d'un spectrographe à lentille magnétique épaisse (²), est représentée correctement par la formule (1).

Nous avons donc appliqué la formule (3) aux spectres β du ^{204}Tl (E_{max} expérimentale $= 765 \pm 5$ keV) et du ^{35}S (E_{max} expérimentale $= 167 \pm 5$ keV) avec un pouvoir de résolution de 3 % (qui conduit à $b = 1{,}8.10^{-2}$).

(²) P. Hubert, *Thèse*, Paris, 1952.

La seule influence de la correction se situe sur une très petite portion de la région des énergies maximum, dont elle abaisse légèrement les points. L'énergie maximum ainsi corrigée devient respectivement 762 keV au lieu de 765 keV pour le ^{204}Tl et 165 keV au lieu de 167 keV pour le ^{35}S. On peut considérer que cette correction est négligeable (pour un pouvoir de résolution de 3 %), et qu'elle est inférieure en général aux erreurs statistiques (*figure*).



Remarques. — 1° Les calculs aboutissent, pour un spectrographe à focalisation de 180°, à

$$(4)\qquad N(p) \simeq M(p) - (a^2 + 4ab)\left(\frac{dM}{dp'}\right)_p - (a^2 + 9a^2 b)\left(\frac{d^2 M}{dp'^2}\right)_p - \ldots$$

En comparant cette formule à la formule (3), nous constatons que la correction pour un spectrographe à focalisation de 180° est beaucoup plus importante que celle d'un spectrographe à lentille magnétique épaisse puisque le coefficient $b(\ll 1)$ ne figure pas dans le premier terme du facteur multiplié par $(dM/dp')_p$ dans la formule (4).

2° Dans les formules (3) et (4), nous avons assimilé respectivement $(dN(p')/dp')_p$ et $(d^2N(p')/dp'^2)_p$ à $(dM(p')/dp')_p$ et $(d^2M(p')/d^2p')_p$, ce qui n'est rigoureux que si le facteur de correction est très faible.

3° La formule (3) est valable pour tous les spectrographes donnant d'une raie monocinétique une distribution gaussienne et, pour $a = bp' + c$ (notre cas) où $a = \text{const.}$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude optique et enregistrement continu de la corrosion de l'argent par la vapeur d'iode.* Note de MM. **Georges Colange** et **René Dubrisay**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Si l'on place une plaque d'argent percée d'un petit trou sur un récipient contenant de l'iode, on observe la formation d'une série d'anneaux, ayant pour centre commun le centre du trou et dont les diamètres croissent avec le temps.

Ce phénomène interférentiel de production d'anneaux de Newton est dû à ce que l'épaisseur de la couche d'argent formée décroît à mesure qu'on s'éloigne du trou. En un point donné de la plaque, la vitesse de variation de cette épaisseur dépend de la vitesse d'arrivée ou vitesse de diffusion de l'iode en ce point et de la vitesse de corrosion de l'argent par la vapeur d'iode à cette épaisseur. Mais si l'on ne considère que des points situés à une faible distance du trou, on peut admettre que ce second facteur est prépondérant; de fait, l'un de nous (1) faisant cette hypothèse, opérant à température constante et en lumière monochromatique, et mesurant à des instants déterminés le diamètre des anneaux, a pu évaluer la vitesse de variation de la couche d'iodure formée en un point fixe en fonction du temps.

Le résultat ainsi obtenu était en accord avec les mesures de vitesses de corrosion des métaux par les vapeurs (2). Ces premières expériences, dont les durées étaient de 20 à 40 heures ne fournissaient pas de données continues et pas d'indications sur l'évolution de la corrosion dans les premiers instants du contact du métal et de la vapeur. De plus, il était malaisé d'opérer autrement qu'à la température ambiante. Pour combler ces lacunes, nous avons employé le dispositif d'enregistrement continu suivant :

Dans une étuve à température réglable, on place un récipient muni d'un couvercle et contenant une quantité déterminée d'iode. La plaque d'argent, placée dans une boîte étanche, se trouve également dans l'étuve. Au bout de plusieurs heures, l'équilibre thermique étant atteint, on remplace le couvercle par la plaque, ce qui fixe le début de l'expérience. La plaque est éclairée par la lumière monochromatique de la raie verte d'un arc au mercure, isolée par un filtre interférentiel. La lumière réfléchie sur la plaque est envoyée par une lame de verre semi-aluminée, placée à 45°, sur l'objectif d'un dispositif enregistreur constitué par un cylindre entraîné par un mouvement d'horlogerie et portant une bande de film cinématographique.

L'image de la plaque d'argent est ainsi projetée sur le film, au voisinage immédiat duquel on a placé une fente parallèle aux génératrices du cylindre. On obtient ainsi sur le film, l'image d'un diamètre de la plaque sur lequel chaque anneau est représenté par deux points. Par suite de la corrosion les anneaux s'agrandissent, ces deux points s'écartent avec le temps et, le film étant animé d'un mouvement uniforme, on obtient un faisceau de courbes représenté par les figures. Les abscisses donnent le temps et les ordonnées (en prenant la distance entre deux courbes symétriques), le diamètre d'un anneau déterminé. La bande médiane horizontale représente la projection du trou sur le film.

---

(1) R. Dubrisay, *Comptes rendus*, 239, 1946, p. 829.

(2) *Voir* en particulier, Evans, *Metallic Corrosion*, Londres 1946; Tamman et divers, *Z. An. Chem.*, 3, 1920, p. 78, 123, 196, 124; 25, 1922, 1924, etc., Benard, *Bull. Soc. Chim.*, janvier et février 1949.

Sur ces figures on constate tout d'abord qu'au point de départ des anneaux, au bord du trou, les tangentes aux courbes ne sont que peu éloignées de l'axe des ordonnées, ce qui justifie *a posteriori* l'hypothèse citée au début de cette Note.



Fig. 1. — (34°).

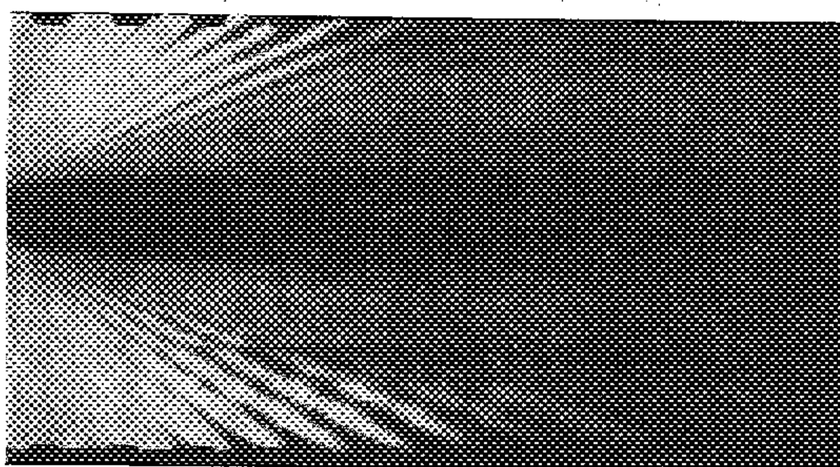


Fig. 2. — (69°).

Ensuite, à partir du deuxième anneau, si on s'éloigne du trou, les courbes se réduisent à des droites. Cette particularité permet, par un calcul simple, de séparer la vitesse de diffusion de la vitesse de corrosion et nous avons ainsi retrouvé les résultats connus pour cette dernière, soit une faible variation avec la profondeur de l'attaque.

Ces expériences répétées à diverses températures nous ont montré, malgré la difficulté qu'il y a pour séparer les effets des deux vitesses, que la vitesse de corrosion croissait très vite avec la température.

Enfin, on remarque que le premier anneau se forme beaucoup plus vite que les autres et est beaucoup plus flou qu'eux. Cette particularité peut s'expliquer, soit par une anomalie dans l'arrivée de la vapeur d'iode aux premiers instants de l'expérience, soit parce que la vitesse de corrosion, au début de l'attaque, pour le premier anneau, au lieu de varier lentement avec la profondeur présente une irrégularité importante.

Nous poursuivons ces recherches avec un dispositif modifié et nous espérons pouvoir bientôt communiquer de nouveaux résultats et préciser ce dernier point; mais il nous semble déjà que la seconde hypothèse doive être retenue.

ÉLECTROCHIMIE. — *Point isohydrique et structure des solutions aqueuses de pyrocatéchine.* Note (*) de M. GEORGES CARPÉNI et M[lle] YOLANDE HAMANN, présentée par M. Louis Hackspill.

Les essais faits pour préparer à l'état *cristallisé* les sels *isohydriques* pyrocatéchiques ont abouti à l'obtention du sel potassique, déjà connu et aussi du sel sodique $2\,C_6H_4(OH)_2.C_6H_4(OH)ONa.2\,H_2O$. *corps nouveau.*

Dans une Note récente ([1]) portant, en particulier, sur l'influence de la température sur la position du point isohydrique, nous avons signalé que, dans le cas des solutions aqueuses de pyrocatéchine, une élévation de température de 25 à 40°, par exemple, provoquait un déplacement très net du point de convergence isohydrique, dont l'abscisse passait de 0,33 à 0,2. Sans entrer dans le détail des mesures, qui seront publiées ailleurs, nous croyons utile d'indiquer maintenant quelques données électrométriques et analytiques essentielles concernant le système considéré.

La pyrocatéchine $P[=C_6H_4(OH)_2$ ortho] est un diacide très faible ([2]). Le titrage de sa solution aqueuse conduit à une courbe classique, avec un point d'inflexion net à la première stœchiométrie. La méthode d'étude du point isohydrique a été appliquée uniquement à la première acidité, les sels de la seconde fonction phénol étant trop hydrolysés et trop sensibles également à l'oxydation. Les réseaux de courbes de neutralisation $pH=f(x, [P])$ ([3]) ont été d'abord tracés à 25°, avec de la soude (en présence et en absence de sel neutre KCl 2M) et de la potasse. Dans les deux cas, NaOH et KOH, on observe : 1° un point isohydrique de coordonnées $x_i=0,33$ et $pH_i=9,14$; 2° une abscisse x_i sensiblement à la même place (0,34), lorsque le milieu est également 2M en KCl ([4]).

L'existence d'un point isohydrique pI_A ([5]) — tout comme, d'ailleurs, les

(*) Séance du 29 novembre 1954.

([1]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1237.

([2]) Son pK_1 est de l'ordre de 10, tandis que la deuxième constante est encore notablement plus faible.

([3]) x désigne le rapport des concentrations, en mole par litre, de la base ajoutée, [NaOH] ou [KOH], et de la pyrocatéchine initiale [P]. La concentration de la solution saturée de P est égale, à 25°, à $[P_0]=4$ M; le réseau des courbes a été construit en donnant à [P] les valeurs successives $[P_0]$, $[P_0]/2$, $[P_0]/5$, etc.

([4]) La concentration d'une solution KCl 2 M saturée en pyrocatéchine est, à 25°, égale à $[P_0(KCl)]=2,82$ M; la soude utilisée au titrage était, naturellement, également 2 M en KCl.

([5]) Des deux points isohydriques définis (G. C. *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1088 et 1154), le seul qui nous intéresse ici, comme dans toutes les études concernant les équilibres de condensation (association) ↔ dégradation en solution, est évidemment le pI soluté ($=pI_A$) et non le pI solvant ($=pI_S$).

variations considérables de pH observées par dilution de la solution $[P_0]$ — nous oblige à admettre qu'*en solution aqueuse suffisamment concentrée* ($[P] \geq M$), *les molécules de pyrocatéchine sont indubitablement associées*. La théorie du point isohydrique nous incite, par ailleurs, à considérer que *le pivot des équilibres électrolytiques en solution est constitué par l'ion acide, complexe ou associé, ayant le taux de salification donné par l'abscisse* $x_1 = 0,33$ *et répondant donc à la formule* $2C_6H_4(OH)_2 . C_6H_4(OH)O^-$.

Il convient de signaler tout de suite que la théorie citée et la méthode d'étude qui en est résultée, et qui vient d'être appliquée dans le cas présent, nous ont permis, une fois de plus, d'obtenir des résultats nouveaux. En effet, cherchant à isoler les sels isohydriques à l'état cristallisé (6), nous avons aisément préparé non seulement le sel potassique, déjà signalé dans la littérature (7), mais encore le sel correspondant sodique, *jusqu'ici inconnu*.

Le sel isohydrique sodique de pyrocatéchine s'obtient sous forme de beaux cristaux en plaques (8), que l'on peut laver *sans décomposition;* séchés sous vide, sur $CaCl_2$, jusqu'à poids constant, ils répondent à la formule $2C_6H_4(OH)_2 . C_6H_4(OH)(ONa) . 2H_2O$. Les cristaux obtenus directement de la solution aqueuse sont efflorescents et s'oxydent à l'air d'autant plus facilement qu'ils sont plus humides; séchés, ils sont nettement plus stables. Chauffés sur bloc Maquenne, ils se décomposent dès 130° en noircissant sans fondre. Moyennement solubles dans l'eau, leur solution est, à 20°, 1,06 M.

Terminons cette Note préliminaire en indiquant que, contrairement aux borates, les équilibres pyrocatéchiques en solution aqueuse sont sensibles aux variations de température. Les réseaux construits avec la soude à 25, 35, 37, 40, 45 et 55° et avec la potasse à 25, 35, 40, 45 et 55°, indiquent, tous les deux, un même déplacement d'abscisse x_1 qui passe de $x_1 = 0,33$, pour les températures $T \leq 35°$, à $x'_1 = 0,2$, valable pour les températures $T \geq 40°$. Indubitablement, *le passage de* 35 *à* 40° *marque une modification de structure de la solution, qui entraîne un changement de constitution du composé acide, pivot des équilibres anioniques de condensation (association)* $\leftrightarrow$ *dégradation*. Il semble que l'on puisse chercher l'explication de ce phénomène dans un relâchement des liaisons hydrogène à plus haute température. Modification de structure du solvant lui-

---

(6) L'obtention des sels isohydriques à l'état solide n'est pas toujours forcément possible; les produits de solubilité des composés voisins de ceux isohydriques jouent ici un rôle déterminant mais *indépendant des équilibres en solution*. Il est cependant toujours intéressant de préciser si ces sels isohydriques peuvent effectivement être obtenus sous forme cristallisée. C'est ainsi qu'on a pu récemment préparer avec succès un sel réputé difficile à isoler, le sel isohydrique borique (*Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1500).

(7) $2C_6H_4(OH)_2.C_6H_4(OH)(OK)$. aq : Weinland et Denzel, *Ber. Deutsch. Chem. Ges.*, 47, 1914, p. 748; *cf.* aussi H. Meyer, *Z. analyt. chem.*, 64, 1924, p. 72.

(8) Après amorçage avec de petits cristaux obtenus dans une première préparation.

même ([9]), ou édifice pyrocatéchique associé devenu instable, le résultat est le même : un réarrangement a dû s'opérer, avec formation d'une nouvelle association pour laquelle les liaisons hydrogène sont suffisamment stables pour en assurer l'existence. Le fait que cette nouvelle association corresponde à un sel *plus acide* que le précédent ([10]) constitue également un argument supplémentaire à l'appui de notre hypothèse de travail envisagée précédemment ([11]). La constitution de l'ion isohydrique stable aux températures $T \geq 40^\circ$ est donnée par la nouvelle abscisse $x'_1 = 0,2$: $4 C_6H_4(OH)_2 . C_6H_4(OH)O^- (aq)$.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Durée d'incubation dans la transformation martensitique.* Note (*) de M. JEAN PHILIBERT, présentée par M. Albert Portevin.

Étude par dilatométrie isotherme de la transformation martensitique à basse température, sur un acier hypereutectoïde (1,55 % C et 2,55 % Cr; M_s voisin de 20° après austénitisation à 1095°). Périodes d'incubation précédant la transformation isotherme; comparaison de la cinétique de transformation dans le cas de trempes directes ou de reprise de la transformation après stabilisation.

Pour l'étude de la reprise de la transformation après stabilisation, nous avons effectué le cycle suivant : transformation à une certaine température T_1 puis retour à l'ambiante ou à + 50° et maintien de durée variable, enfin trempe isotherme à des températures T_2 inférieures à T_1. Au cours de cette seconde trempe, la transformation n'apparaît qu'à partir d'une certaine température M'_s. Lorsque T_2 est un peu inférieur à M'_s, on n'observe aucune transformation durant le refroidissement de + 20° à T_2 (durée du refroidissement : 10 à 25 s); ensuite vient une période d'incubation (d'autant plus longue que M'_s est à plus basse température), suivie d'une transformation à vitesse lente, s'accélérant par la suite. Plus T_2 est proche de M'_s, plus l'incubation est longue et la transformation ultérieure lente. En toute rigueur, M'_s devrait être définie comme la température T_2 pour laquelle la durée d'incubation tend vers l'infini. En fait, nous avons observé des périodes d'incubation allant jusqu'à plus de 5 mn. Enfin, si T_2 est nettement inférieure à M'_s, de 10° par exemple, une partie de la transformation se fait pendant le refroidissement (entre M'_s et T_2).

Ces phénomènes peuvent se répéter au cours de plusieurs refroidissements

(9) Une telle transformation a effectivement été observée autour de 40° : *cf.* les *Comptes rendus du Congrès sur les Changements de phases* (Paris, juin 1952), édition de la Société de Chimie physique, p. 379; *voir* aussi MAGAT, *J. Chim. phys.*, 6, 1935, p. 179.

(10) En effet, le taux de salification du composé isohydrique décroît de $x_1 = 0,33$ à $x'_1 = 0,20$.

(11) G. CARPÉNI et J. CHOUTEAU, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1423.

(*) Séance du 29 novembre 1954.

successifs. Ainsi la figure 1 montre le cas d'une trempe à — 60°, avec transformation anisotherme (suivie d'une légère queue isotherme). Après stabilisation 30 mn à l'ambiante, on observe à — 90° une transformation ne débutant qu'après plus de 5 mn d'incubation. Après un nouveau maintien stabilisant à l'ambiante la transformation ne reprend qu'à — 120° avec une incubation aussi longue et une vitesse initiale un peu plus faible. Après une nouvelle stabilisation à l'ambiante, on n'observe plus de transformation, même à la température de l'azote liquide.

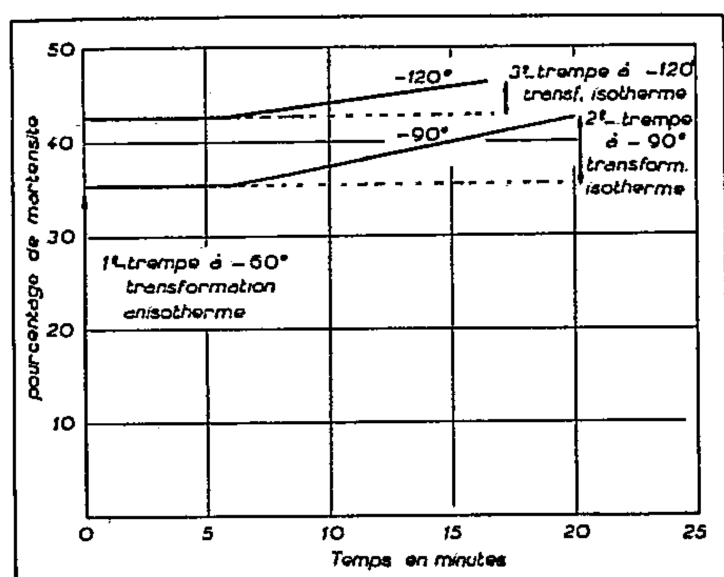


Fig. 1.

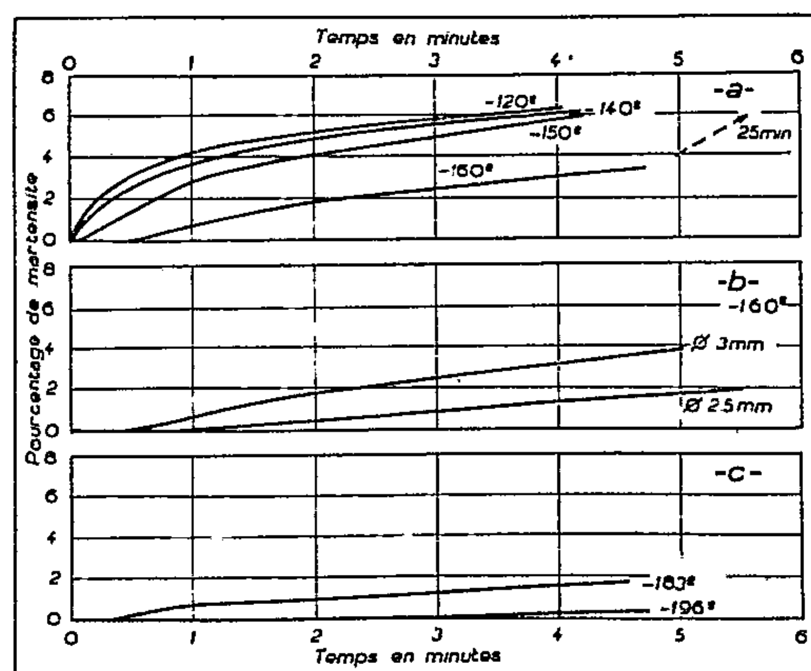


Fig. 2.

Une question vient à l'esprit : peut-on retrouver l'incubation à la première trempe? Autrement dit, existe-t-il des conditions où, par trempe directe, entre la transformation anisotherme [1] et la « queue » isotherme s'intercale une période isotherme sans transformation? *A priori*, étant donné le ralentissement général de la transformation observé aux basses températures, c'est en dessous de — 100° qu'il faut chercher un phénomène de ce genre..

On peut, par exemple, refroidir directement à des températures comprises entre — 120 et — 160°, dans un bain d'isopentane fortement agité : pour des éprouvettes de 3 mm de diamètre, le refroidissement, exponentiel en fonction du temps, prend environ 12 s, et la quantité de martensite anisotherme se tient toujours aux environs de 55 %. Dans ces conditions, l'examen des « queues isothermes » (*fig.* 2 *a*) montre que, pour des températures de trempe décroissantes, les vitesses initiales de transformation diminuent si bien qu'à partir de — 150° une *incubation apparaît*, qui atteint 30 s à — 160°. Avec des éprouvettes de 2,5 mm de diamètre, le refroidissement est un peu plus rapide (10 s), la transformation anisotherme est plus restreinte et le *temps d'incubation atteint* 1 mn *à* — 160° (*fig.* 2 *b*).

---

(1) Nous appelons anisotherme toute transformation se produisant durant le refroidissement, sans préjuger du mode de germination.

On peut aussi tremper à plus basse température, dans l'oxygène et l'azote liquides. Les phénomènes sont similaires; mais les conditions de refroidissement ne sont plus les mêmes : la vitesse de refroidissement demeure quasi constante et égale à 6 ou 7° par seconde durant les trois derniers quarts du refroidissement, qui prend donc environ 25 s. La transformation anisotherme n'atteint plus que 50 %, la stabilisation ayant le temps de se manifester au cours de ce refroidissement assez lent. La transformation isotherme est très faible; à —183°, elle atteint 2 % en 30 mn avec une vitesse initiale faible (1 %/mn) et une incubation inférieure à une demi-minute. A —196° on n'obtient plus que 1 % de martensite en 30 mn et la vitesse initiale est réduite à 2 %/mn avec une *incubation dépassant* 2 *mn* (*fig.* 2 *c*).

Observons que la vitesse de transformation dépend du produit de deux facteurs : le nombre de sites possible pour la germination (embryons) et la vitesse de formation d'un germe. Le nombre d'embryons possible est lui-même multiplié au cours de la formation de « chaînes de plaquettes »; il en résulte une sorte *d'effet autocatalytique*, qui explique l'accélération de la transformation après incubation en M'_s; il explique aussi qu'après transformation anisotherme, la vitesse de transformation soit mesurable à condition que le second facteur (vitesse de formation de chaque germe) ne soit pas trop faible. Aux très basses températures que nous avons envisagées ici ($<$ —120°), ce second facteur devient tellement faible qu'il ne permet pas à l'effet autocatalytique de se faire sentir au début; d'où la période d'incubation observée.

Nous avons observé dans ces essais que la quantité de martensite formée dépend de la vitesse de refroidissement, et passe par un maximum en fonction de celle-ci, ce qui peut s'expliquer par les effets combinés des vitesses de germination et de stabilisation.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Existence d'une transformation ordre-désordre dans les alliages fer-chrome voisins de la composition équiatomique.* Note de MM. **Paul Bastien** et **Gilles Pomey**, présentée par M. Albert Portevin.

Dans les alliages Fe-Cr équiatomiques, bien que la diffraction des rayons X ne permette pas de mettre en évidence une surstructure, l'analyse thermique par magnétométrie et dilatométrie conduit à admettre l'existence d'une transformation ordre-désordre.

Nous avons étudié par thermomagnétisme et dilatométrie les solutions solides fer-chrome, cubiques centrées, et nous nous sommes particulièrement attachés aux anomalies qu'elles présentent pour des compositions voisines de 50 % atomique.

L'analyse thermomagnétique montre qu'il existe pour chaque teneur

en chrome comprise entre 43 et 70 % at. de chrome deux températures critiques telles que :

1° si l'alliage a été préalablement recuit au-dessus de la plus élevée de ces températures puis refroidi assez rapidement, il présente un point de Curie précis, fonction seulement de la composition;

2° si l'alliage a été préalablement recuit un temps suffisant en dessous de la plus basse de ces températures, il présente un point de Curie précis, fonction de la composition, plus élevé que le précédent;

3° si l'alliage est recuit dans la zone intermédiaire un temps suffisant et refroidi assez rapidement, son analyse thermomagnétique montre un point de Curie précis, intermédiaire entre ceux définis précédemment. Il n'y a pas de dédoublement. La température de ce point de Curie est alors fonction de la composition et de la température de recuit.

Un écrouissage à froid important, avant le recuit en dessous de la température critique la plus élevée, facilite beaucoup la transformation donnant l'état stable à basse température.

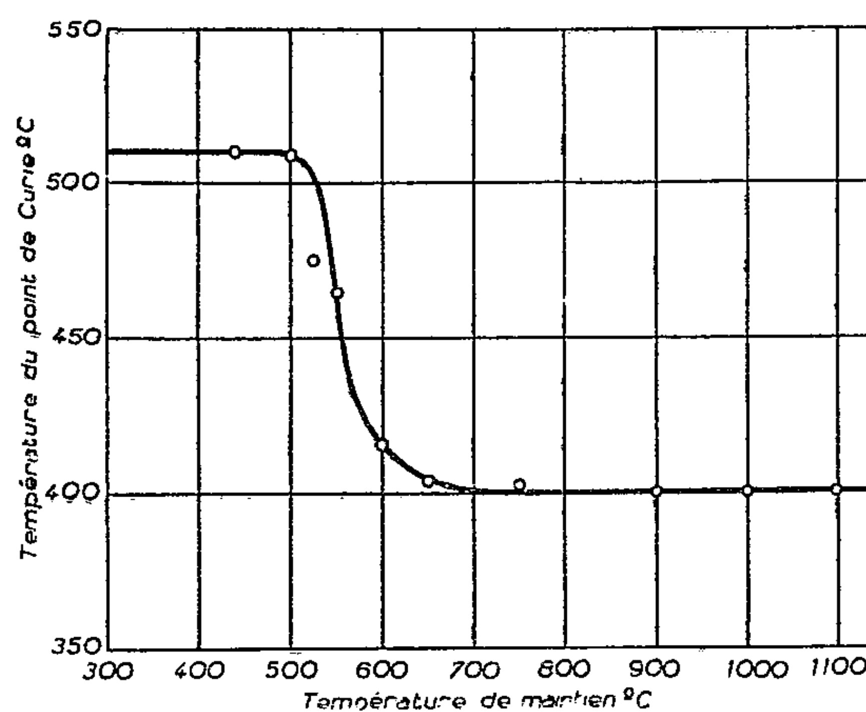


Fig. 1.

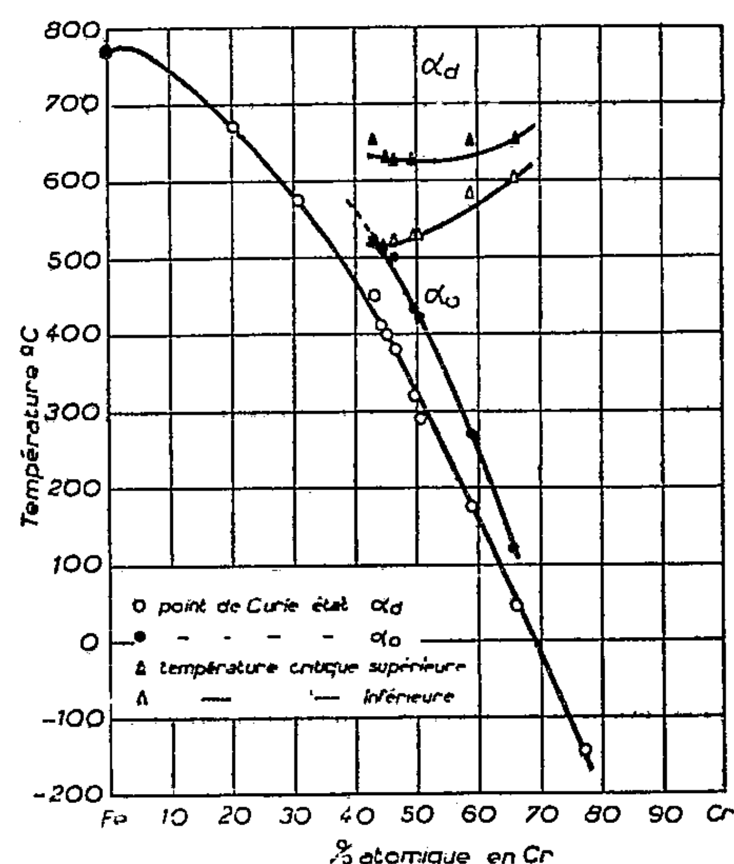


Fig. 2.

La figure 1 donne les résultats obtenus sur un alliage à 44,80 % at. de chrome. Les deux températures critiques sont 650 et 515° C. Les points de Curie obtenus sont 400° C pour l'état stable à haute température et 510° pour l'état à basse température. La figure 2 donne les limites de la zone critique et la variation des points de Curie avec la composition. Ces résultats montrent que nos déterminations concordent avec celles d'ailleurs plus fragmentaires d'Adcock ([1]).

([1]) F. Adcock, *J. Iron and Steel Institute*, 11-124, 1931, p. 99.

L'analyse dilatométrique montre de son côté que, pour les mêmes compositions :

1° si un recuit préalable, de durée suffisante, a été effectué à une température inférieure à celle de la zone critique, la courbe dilatométrique différentielle présente une anomalie se traduisant à l'échauffement par une contraction dans cette zone. Par refroidissement lent, cette anomalie se retrouve, affectée d'une légère hystérésis, mais elle est supprimée par refroidissement rapide;

2° si le recuit préalable a été effectué au-dessus de la zone critique, l'analyse dilatométrique montre d'abord la dilatation progressive correspondant au retour à l'état stable à froid.

Dans ce dernier cas, nous avons étudié la cinétique de cette transformation au microdilatomètre isotherme, confirmé qu'elle est totale en dessous de la zone critique, partielle dans cette zone et précisé son amplitude : pour l'alliage à 46,58 % at. de chrome, on a une variation relative de longueur de 1/4000ᵉ à 450° C.

Le calcul montre que l'on ne peut pas voir par rayons X de raies de surstructure dans ces alliages à cause de la trop faible différence des facteurs de structure du fer et du chrome (nombres atomiques : $Z_{Fe} = 26$ et $Z_{Cr} = 24$). Nous avons effectué des mesures de précision en retour, avec étalon d'or, et nous avons constaté que si la structure restait cubique centrée, il y avait une variation relative de maille de 3/4000ᵉ à 20° C pour 46,58 % at. de chrome correspondant à une dilatation lors de la formation de l'état stable à basse température.

Dans ce cas, le pouvoir thermoélectrique baisse de manière sensible, la dureté augmente très faiblement, mais la mesure des moments magnétiques à saturation donne des valeurs très voisines pour les deux états.

Les caractères que nous venons de reconnaître et les compositions intéressées nous conduisent à estimer qu'il s'agit d'une transformation ordre-désordre se produisant pour la composition Fe-Cr et pour celles des alliages voisins.

Signalons, en terminant, que pour des maintiens considérablement plus longs, cette transformation est suivie par la transformation $\alpha \rightarrow \sigma$.

CHIMIE DES COMPLEXES. — *Action comparée des acides tartriques droit, inactif et racémique sur les oxydes d'antimoine et de bismuth.* Note de M. **Maurice Girard**, présentée par M. Eugène Darmois.

A. L'acide tartrique *droit*, sous forme de sel monopotassique, possède la propriété caractéristique de s'unir à *l'oxyde antimonieux* pour former l'émétique ordinaire $C_4H_4O_7SbK$, $1/2H_2O$. Par contre, l'acide tartrique *inactif*,

ou acide mésotartrique, ne fournit pas d'émétique dans les mêmes conditions.

On explique généralement ce comportement différent des deux isomères vis à vis de Sb_2O_3 par la position spatiale des oxhydriles alcooliques, moins favorable dans le dérivé méso que dans le droit. On avance encore l'existence de formes moléculaires différentes, inégalement coordonnées, dans la solution aqueuse des deux acides (1), des différences de conductibilité électrique (2), etc.

Il semble intéressant de souligner, en outre, que les deux isomères ont une constante de dissociation électrolytique différente et que l'acide mésotartrique est un acide plus faible que l'acide droit. Rien d'étonnant, peut-être, à ce que le sel monopotassique présente une acidité trop atténuée pour permettre la formation d'un émétique avec Sb_2O_3. Sous sa forme libre, l'acide devrait, sans doute, plus facilement réagir avec Sb_2O_3 et former un complexe tartroantimonieux $C_4H_3O_6Sb$, comparable à l' « anhydride » de J. Bougault (3), obtenu à partir d'acide tartrique droit.

C'est ce que nous avons tenté d'obtenir en prenant pour base une technique parallèle à celle de J. Bougault, et en faisant alternativement varier un certain nombre de facteurs réactionnels. On constate alors :

a. que Sb_2O_3 se dissout beaucoup moins facilement dans la solution concentrée et en excès d'acide inactif (6 à 7 p.) que d'acide droit (4 p.).

b. que la petite quantité de complexe formé est instable et rapidement dissociable par les solvants chargés d'éliminer l'excès tartrique pour permettre l'isolement d'un corps pur.

Loin de rapprocher les deux isomères tartriques, ces observations accentuent plus nettement encore les divergences précédemment décrites.

B. — Nous avons observé que la paresse réactionnelle de l'acide mésotartrique est moins grande vis-à-vis de l'*hydroxyde de bismuth* que de l'oxyde antimonieux. Avec plus de difficulté cependant que l'acide droit, l'acide mésotartrique libre a pu conduire à l'acide complexe $C_4H_5O_7Bi$, nH_2O, homologue du dérivé obtenu selon la technique de M. Picon (4) et selon une méthode personnelle à l'acétate de bismuth.

Mais contrairement au composé de la série droite, le nouveau complexe mésotartrique n'a pas permis de passer à l'acide bismuthodimésotartrique attendu $(C_4H_6O_6)(C_4H_3O_6)Bi$, $3H_2O$ et, en aucun cas, il n'a fourni d'émétique bismuthique avec $HKCO_3$.

Des différences dans les spectres d'absorption infrarouge entre les complexes droit et méso s'ajoutent à celles qu'on observe au cours des réactions chimiques.

---

(1) I. JONES et F. G. SOPPER, *J. Chem. Soc.*, 1934, p. 1836.

(2) M. BOESEKEN, *Conférence Bull. Soc. Chim.*, (4), 53, 1933, p. 1332.

(3) J. BOUGAULT, *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 585.

(4) M. PICON, *J. Pharm. Chim.*, (8), 5, 1927, 8.

C. On pourrait penser que l'acide tartrique *racémique* se comporterait comme l'acide droit et permettrait la formation de complexes antimonieux et bismuthique, comparables aux émétiques.

1° Dans une certaine mesure, les expériences réalisées confirment bien ce point de vue :

a. Avec Sb_2O_3, on obtient en particulier le complexe attendu $C_4H_3O_6Sb$, conduisant aux sels alcalins (K, Na) et au sel de pyridine cristallisé et stable $C_4H_3O_6Sb\,C_5H_5N$:

b. Avec l'hydroxyde de bismuth, on obtient l'acide bismuthotartrique racémique, capable de fournir, comme dans le cas de l'acide droit ([5]), deux séries nouvelles de sels alcalins (émétiques) : *des formes hydratées, amorphes et solubles* $C_4H_4O_7BiM$ *et des formes anhydres, cristallisées et insolubles* $C_4H_2O_6BiM$ ($M = K$, Na).

2° Mais l'identité de comportement est loin d'être complète :

a. L'anhydride tartroantimonieux racémique est moins stable en présence d'acétone que le dérivé droit et plus difficile à isoler à l'état pur.

b. L'acide bismuthotartrique racémique, contrairement au dérivé de la série droite, ne peut fixer une seconde molécule d'acide tartrique et fournit ainsi l'acide ditartrobismuthique attendu.

3. L'aspect du spectre infrarouge des racémates se rapproche davantage de celui des composés méso que de celui des tartrates droits et de l'émétique. Mais, comme pour l'émétique, il n'existe pas de bandes caractéristiques de la liaison $C = O$. On rencontre fréquemment une bande vers 670 cm^{-1}, attribuée à une vibration de déformation des groupements CH, et qu'on retrouve généralement dans les spectres de composés cycliques ou hétérocycliques.

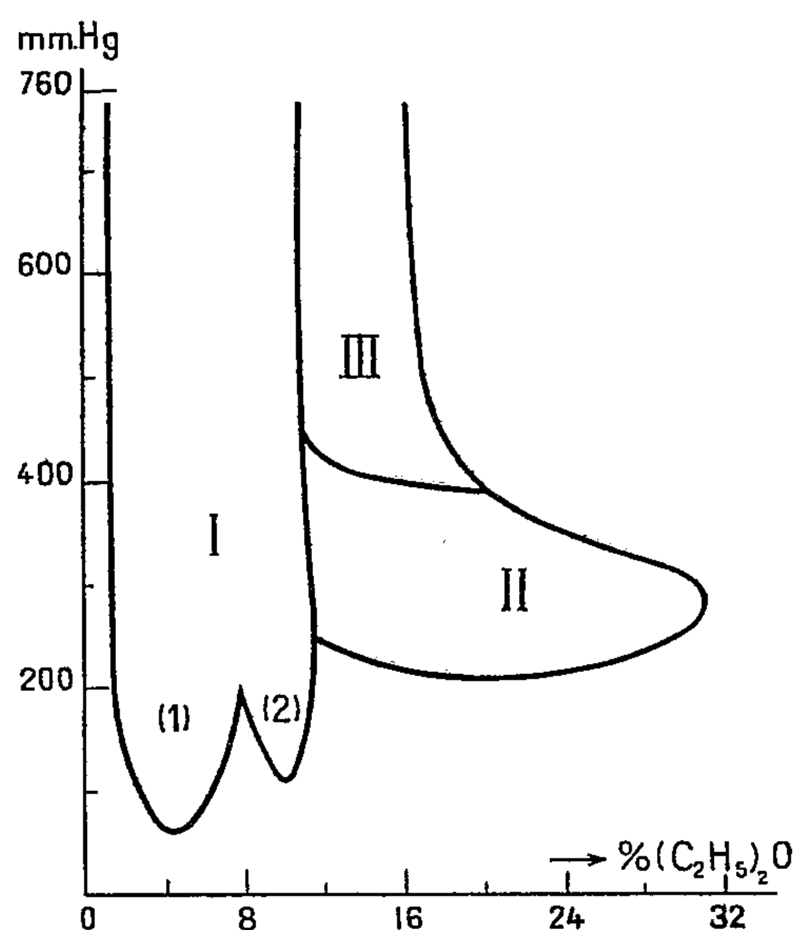
En résumé, l'étude comparative de complexes antimonieux et bismuthiques des acides tartriques droit, inactif et racémique, montre qu'en dehors de certaines similitudes, il existe des différences souvent profondes, particulièrement marquées dans le cas de l'acide mésotartrique. L'acide racémique, quoique à un degré moindre, manifeste son individualité propre et est loin de se comporter parfois comme un acide $(d + l)$ tartrique.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur les différents types de flammes des mélanges d'air et de vapeurs d'éther diéthylique*. Note de MM. **Raoul Graziotti** et **Paul Laffitte**, présentée par M. Paul Pascal.

Le domaine d'inflammabilité électrique des mélanges de vapeurs d'éther diéthylique comporte différentes régions, dont une relative aux flammes froides est entièrement fermée. Les flammes, dites du second domaine, observées dans une autre région du diagramme ne peuvent pas être assimilées aux flammes froides.

([5]) M. Girard, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1702.

La détermination des domaines d'inflammabilité des mélanges d'air et d'éther diéthylique a déjà fait l'objet de diverses recherches (1). Afin de comparer certains types de flammes observées avec les hydrocarbures paraffiniques d'une part et avec l'éther diéthylique d'autre part, nous avons étudié au-dessous de la pression atmosphérique, les domaines d'inflammabilité des mélanges d'éther diéthylique et d'air avec le même dispositif expérimental que pour les mélanges d'air et d'hydrocarbures paraffiniques (2) (propagation ascendante de la flamme). Mais dans ces nouvelles expériences la propagation de la flamme était contrôlée à l'aide d'un couple thermoélectrique placé à la partie supérieure du tube de combustion, ce qui était presque indispensable pour les flammes difficilement visibles. Enfin après chaque expérience la pression finale était notée, ce qui, dans certains cas, a permis de délimiter avec précision les frontières entre les flammes de différents types (flammes froides et flammes en deux stades). Les résultats obtenus permettent de diviser de la manière suivante le domaine d'inflammabilité représenté sur la figure.



I. Une région de *flammes normales* comprenant deux parties délimitées aux basses pressions par une courbe présentant deux « lobes » : dans celui de gauche (1) on obtient des flammes du *premier domaine* et dans celui

(1) A. G. White, *J. Chem. Soc.*, 1927, p. 498; M. S. Hsieh et D. T. A. Townend, *J. Chem. Soc.*, 1939, p. 337; K. Spence et D. T. A. Townend, *Third Symposium on combustion*, The Williams and Wilkins Co Baltimore, 1949, p. 404.

(2) R. Graziotti et P. Laffitte, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 896.

de droite (2) des flammes du *second domaine*, les unes et les autres en tous points analogues à celles que nous avons observées avec les hydrocarbures paraffiniques dans les domaines correspondants ([3]). Elles sont bleues dans le premier domaine, vertes et étroites dans le second; la différence de teinte, surtout perceptible aux basses pressions au voisinage de la courbe, s'atténue progressivement lorsque l'on élève la pression.

II. Un domaine fermé de *flammes froides* situé de part et d'autre du mélange équimoléculaire par rapport à l'oxygène et l'éther (16,6 % d'éther dans l'air). Aux basses pressions ces flammes bleues, difficilement perceptibles, ont 5 à 8 cm de hauteur et n'occupent qu'une fraction de la hauteur du tube. Si l'on élève la pression elles s'élargissent et vers la pression limite supérieure (400 mm environ) elles occupent toute la section du tube, quelles que soient la concentration et la pression. La diminution de pression après le passage de la flamme froide est très faible (0,5 % environ).

III. Un domaine de *flammes en deux stades* situé au-dessus de 400 mm. Lorsque l'on enflamme, par exemple, un mélange à 16 % d'éther sous une pression initiale de 420 mm on observe d'abord l'apparition d'une flamme froide, puis après 2 s environ (quand le front de flamme atteint presque la partie supérieure du tube), on constate une très nette augmentation de l'intensité lumineuse immédiatement en arrière du front de la flamme froide; la variation de pression après le passage de la flamme est de l'ordre de 5 %. Si l'on provoque l'inflammation à plus haute pression le phénomène précédent se produit de plus en plus rapidement jusqu'au moment où — vers 600 mm — on ne distingue plus la flamme froide initiale; l'augmentation de pression est alors très importante (17 % environ).

Si l'on fait varier le diamètre du tube de combustion, les courbes délimitant les régions précédentes sont plus ou moins déplacées, en particulier pour les faibles diamètres la zone II des flammes froides est moins étendue vers les concentrations élevées. Mais elle correspond toujours à un domaine fermé et distinct du second domaine (2) où les flammes sont bien plus lumineuses.

Les résultats précédents nous paraissent bien confirmer que les flammes que nous avons appelées flammes du second domaine, ne doivent pas être considérées comme des flammes froides ([4]).

([3]) R. Delbourgo et P. Laffitte, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 958; *Symposium on combustion*, The Williams and Wilkins Co, Baltimore, 1953, p. 114.

([4]) R. Delbourgo et P. Laffitte, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1612.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation par échanges d'ions d'oxyde d'yttrium très pur*. Note (*) de M. **Jean Loriers** et Mme **Josiane Quesney**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'yttrium est considéré comme un des éléments les plus difficiles à séparer des terres rares. La précipitation basique par le gaz ammoniac dilué ([1]) permet d'obtenir par fractionnement un oxyde à 99 %, mais la séparation est compliquée par le fait que l'ordre de précipitation de l'yttrium par rapport aux autres terres rares varie avec sa concentration dans les solutions ([2]). De même dans les séparations par échanges d'ions, alors que les terres rares proprement dites sont toujours entraînées dans l'ordre inverse de leur numéro atomique, l'yttrium a un comportement plus variable : avec une solution à 0,1 % d'acide citrique et à pH 5,5—6,0, l'ordre d'élution est Dy—Y—Tb, tandis qu'avec un citrate à 5 % et pH 2,8, l'ordre est Dy—Tb—Y ([3]). D'autre part, à 100° C et pH 3,2, le même citrate à 5 % élue l'yttrium avant le dysprosium ([4]).

Nous avons repris au Laboratoire des Terres Rares du C.N.R.S. à Bellevue, l'étude de la purification de l'yttrium à partir d'un concentré contenant 85 à 90 % de Y_2O_3, obtenu par une précipitation basique rapide. Nous nous sommes attachés en particulier à adapter la technique des échanges d'ions à la production de grandes quantités d'oxyde pur. Les procédés classiques nécessitent dans ce cas la mise en œuvre de volumes d'éluant considérables, en raison de la faible concentration des solutions obtenues à l'élution (0,2 g de Y_2O_3 par litre au maximum). L'utilisation de colonnes en série et l'emploi d'éluants à base d'acide éthylène-diamino-tétracétique nous ont permis de réaliser à ce point de vue des progrès encourageants.

a. Séparation par localisation sur colonnes en série. — Cette technique dont les détails ont déjà été publiés ([5]), permet d'obtenir des solutions contenant plus de 2 g de Y_2O_3 par litre. En opérant sur deux colonnes en série, avec une solution citrique à 5 % et pH 2,8, l'yttrium se localise sur la deuxième colonne, après les terres yttriques. Les terres cériques restent sur la première colonne. Une opération sur 200 g d'oxyde brut à 90 % donne environ 50 g d'Y_2O_3 à plus de 99 % et 100 g à 98 %, l'impureté principale étant le gadolinium.

b. Élution par les solutions à base d'acide éthylène-diamino-tetracétique. — Les séparations effectuées avec cet acide sont beaucoup plus rapides qu'avec l'acide

(*) Séance du 29 novembre 1954.

([1]) F. Trombe, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 539.

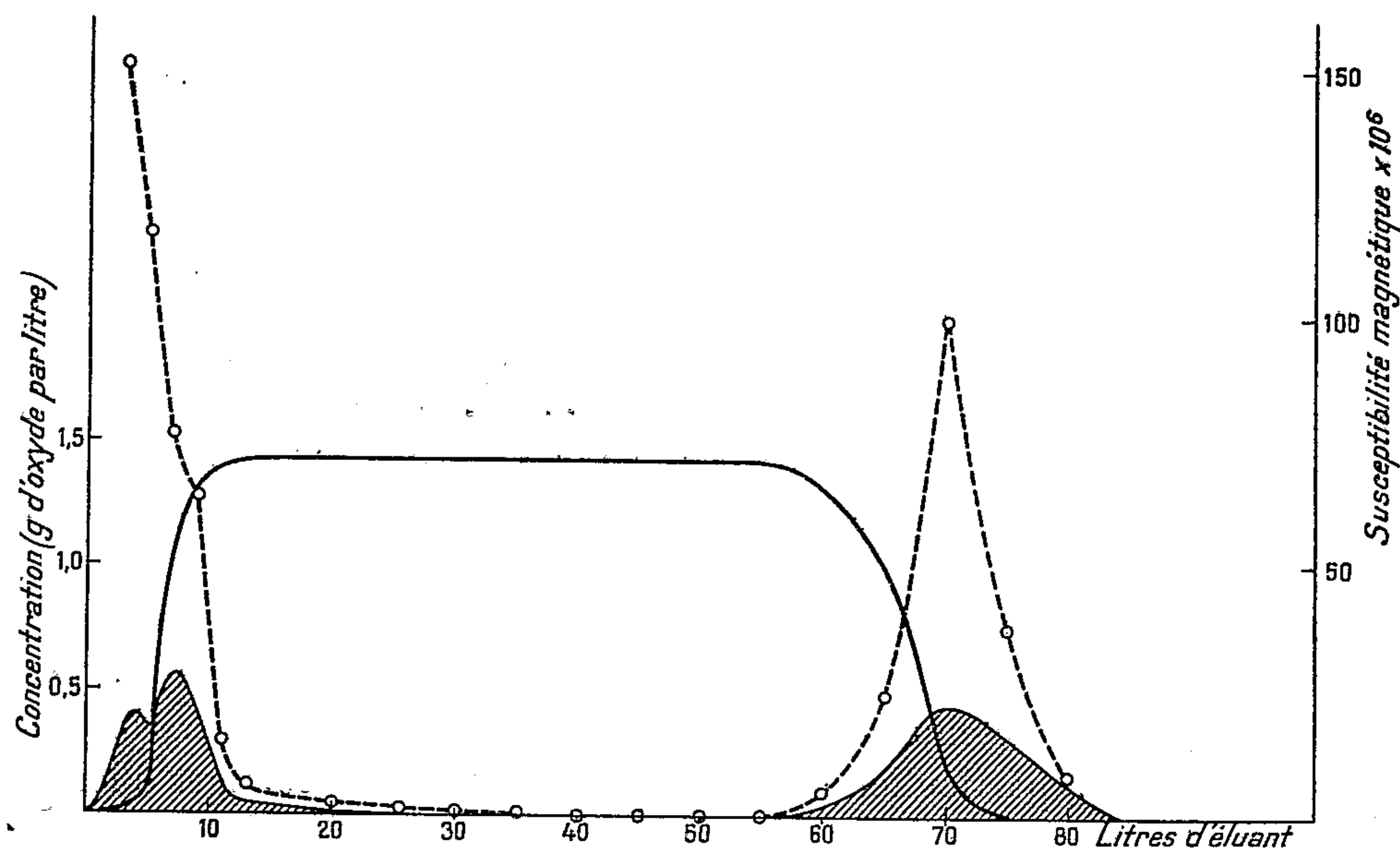
([2]) M. Trombe, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 888.

([3]) Spedding et Dye, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 5350.

([4]) Ketelle et Boyd, *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 2800.

([5]) F. Trombe et J. Loriers, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1670.

citrique, et les produits obtenus sont plus purs ; par exemple le traitement de 100 g d'oxyde brut à 90 % sur une colonne de 150 cm de long et 11 cm de diamètre a produit 50 g de Y_2O_3 à plus de 99 %, dont la moitié atteint une pureté de 99,9 %. La figure illustre les résultats de cet essai : la courbe en pointillé donne les valeurs de la susceptibilité magnétique χ des différentes fractions



d'oxydes, qui permet un bon contrôle de la pureté de l'yttrium (le χ de Y_2O_3 est presque nul, tandis que ceux des oxydes voisins sont très élevés). La courbe en trait fort montre l'élution de l'yttrium, et les surfaces ombrées la position des impuretés : Er et Dy sortent en tête, Tb, Gd et les terres cériques après l'yttrium. Cet ordre d'élution est le même que celui observé avec un citrate à 0,1 %, mais les solutions sont plus concentrées.

Signalons que nous avons aussi réalisé d'excellentes séparations avec une solution à 0,1 % d'acide citrique et 1 % d'acide éthylène-diamino-tétracétique. Dans ce cas encore, l'élution est rapide et l'ordre de sortie Dy—Y—Tb.

Les différences du comportement de l'yttrium suivant les conditions d'élution peuvent être mises à profit pour améliorer sa purification : En combinant une séparation par l'acide citrique à 5 % qui élimine les terres lourdes (Er, Dy, Tb) et une élution par l'acide éthylène-diamino-tétracétique qui sépare le gadolinium, nous avons pu préparer un oxyde d'yttrium parfaitement pur. Cet oxyde est légèrement diamagnétique, avec une susceptibilité magnétique spécifique $\chi = -0,22.10^{-6}$ C. G. S. (Ch. Henry la Blanchetais). Cette valeur est à rapprocher de celle trouvée pour l'oxyde de lanthane pur : $-0,24.10^{-6}$ [6].

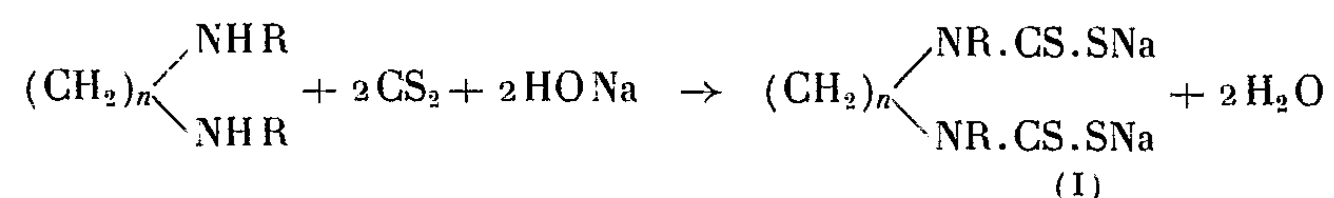
([6]) Ch. Henry la Blanchetais, *Thèse*, Paris, 1954.

Le léger paramagnétisme observé généralement pour l'oxyde d'yttrium [7] doit donc être attribué à la présence de petites quantités d'autres terres rares dans le produit étudié.

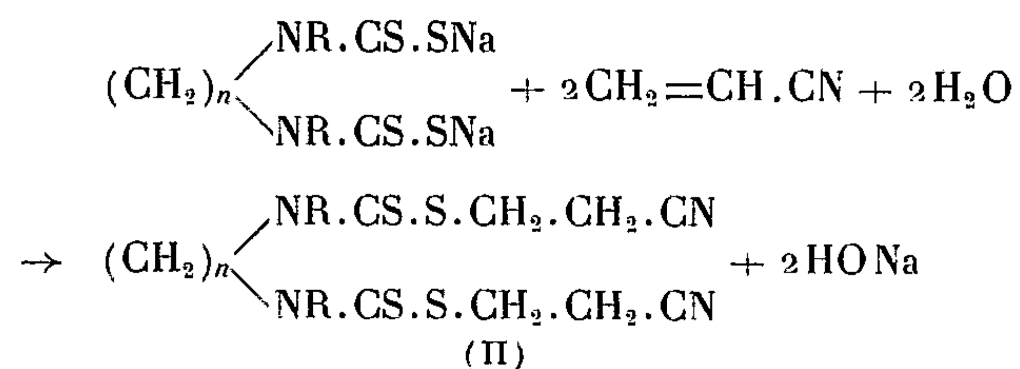
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les polyméthylène bis-(dithiocarbamates de β-cyanoéthyle) et leurs dérivés.* Note de MM. **Raymond Delaby**, **Robert Damiens** et Mme **Robert Seyden-Penne**, transmise par M. Marcel Delépine.

Les diamines aliphatiques bisecondaires forment, avec le sulfure de carbone en présence d'hydroxyde de sodium puis addition de nitrile acrylique, des polyméthylène bis-(dithiocarbamates de β-cyanoéthyle) : les fonctions nitriles de ceux-ci peuvent être hydrolysées en acides ou hydratées en amides. Les procédés habituels de passage aux amidoxines ou aux amidines n'ont pas conduit aux résultats attendus.

Poursuivant l'étude des dithiocarbamates de β-cyanoéthyle [1], nous avons préparé les composés de cette nature dérivés de diamines aliphatiques bisecondaires symétriques. Le sulfure de carbone s'additionne aisément à ces diamines et, en présence d'hydroxyde de sodium, donne les polyméthylène bis-(dithiocarbamates de sodium) (I) :



Ces sels, relativement peu stables, n'ont dans la plupart des réactions pas été isolés ou purifiés : au terme de leur préparation, ils se trouvent en solution aqueuse ($pH > 10$) et réagissent ainsi, vers 30°, avec deux molécules de nitrile acrylique en formant les polyméthylène bis-(dithiocarbamates de β-cyanoéthyle) (II) :

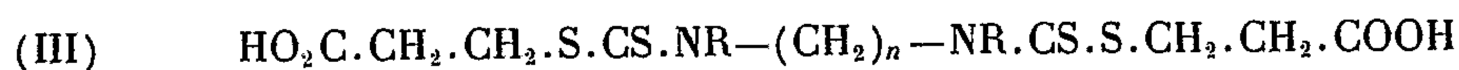


Les esters dithiocarbamiques (II) sont stables à la température ordinaire. Insolubles dans l'eau, ils sont obtenus purs par recristallisation dans l'éthanol absolu ou aqueux.

(7) P. W. Selwood, *Magnetochemistry Interscience publishers*, New York, 1943, p. 232.

(1) R. Delaby, R. Damiens et Mme R. Seyden-Penne, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 121.

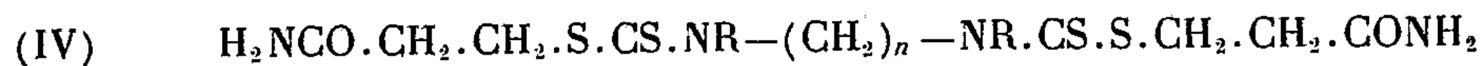
A. Le traitement de (II) par l'acide sulfurique dilué à 100° pendant quinze minutes permet l'hydrolyse des fonctions nitriles en acides sans toucher aux groupements dithiocarbamiques. Les diacides (III) ainsi obtenus sont recristallisés de l'eau en produits blancs.



(III) $HO_2C.CH_2.CH_2.S.CS.NR-(CH_2)_n-NR.CS.S.CH_2.CH_2.COOH$

Si l'hydrolyse est prolongé au-delà de 15 mn, il y a décomposition de l'acide : les produits de cette réaction n'ont pas pu être identifiés.

L'hydratation des dinitriles en amides (IV) s'effectue en général par l'acide sulfurique concentré à 0° puis addition d'eau à la combinaison formée.



(IV) $H_2NCO.CH_2.CH_2.S.CS.NR-(CH_2)_n-NR.CS.S.CH_2.CH_2.CONH_2$

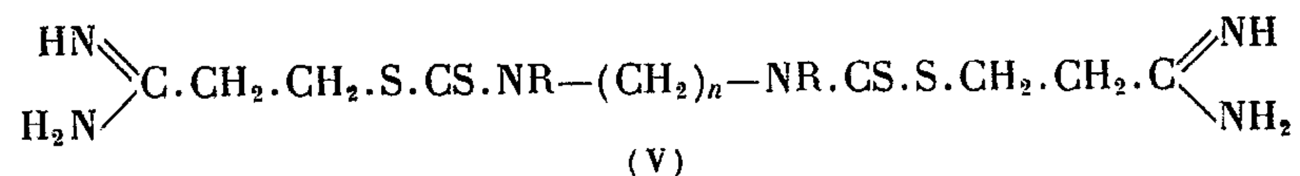
Un cas particulier est celui de l'amide [(IV), $n=2$, $R=CH_2C_6H_5$] qui s'obtient par traitement à 0° du dinitrile correspondant par un mélange acide sulfurique-acide acétique à volumes égaux; le diamide est ensuite précipité de la solution acide par addition d'eau.

B. Les hydroxydes de sodium ou de potassium à froid sont sans action sur les polyméthylène bis-(dithiocarbamates de β-cyanoéthyle). Par contre, à chaud, les alcalis fixes déterminent la destruction de l'édifice moléculaire.

C. Tandis que les dithiocarbamates de β-cyanoéthyle dérivés de monoamines secondaires conduisent aisément aux amidoximes et aux amidines correspondantes, nous n'avons pas obtenu les dérivés équivalents des polyméthylène bis-(dithiocarbamates de β-cyanoéthyle) :

1° L'hydroxylamine, en milieu hydroalcoolique et au reflux ([2]) pendant plusieurs heures provoque une décomposition de la molécule avec précipitation de soufre. Aucune réaction n'a lieu pour un chauffage moins prolongé.

2° L'application, à la préparation des amidines (V), de la méthode générale de Pinner par l'intermédiaire des chlorhydrates d'iminoesters conduit à un mélange de chlorure d'ammonium et de chlorhydrates dont nous n'avons pas, jusqu'ici, pu isoler les diamidines (V) cherchées.



$$\begin{matrix}HN\\H_2N\end{matrix}\!\!>C.CH_2.CH_2.S.CS.NR-(CH_2)_n-NR.CS.S.CH_2.CH_2.C\!\!<\!\!\begin{matrix}NH\\NH_2\end{matrix}$$

(V)

Les autres procédés d'obtention des diamidines à partir des nitriles exigent des températures auxquelles les polyméthylène bis-(dithiocarbamates de β-cyanoéthyle) ne résistent pas : ainsi, le chauffage à 170° du dinitrile avec le

([2]) TIEMANN et KRÜGER, *Ber. dtsch. Chem. Gesell.*, 17, 1884, p. 1685.

sulfocyanure d'ammonium selon M. W. Partridge et W. F. Short ([3]) conduit à la dégradation du composé avec abondant précipité de soufre.

Nous indiquons ci-dessous les points de fusion de quelques dérivés décrits dans la présente Note.

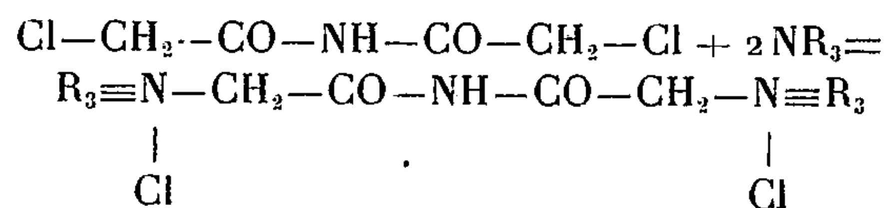
R	CH_3.	CH_3.	CH_3.	C_2H_5.	C_2H_5.	C_2H_5.	$CH_2C_6H_5$.
n	2.	3.	6.	2.	3.	6.	2.
Dinitriles (II)	151°	93°	72°,5	102°	56°	93°,5	119°,5
Diacides (III)	243	132,5	103,5	174	96	87	187
Diamides (IV)	233,5	152	141	191	199	145,5	131

La pipérazine, base bisecondaire, forme des dérivés analogues à ceux précédemment décrits ([4]) : dinitrile (F 140°), diacide (F 196°) et diamide (F 231°,5). Les difficultés d'obtention de la diamidoxime et de la diamidine sont les mêmes que dans le cas des autres diamines étudiées.

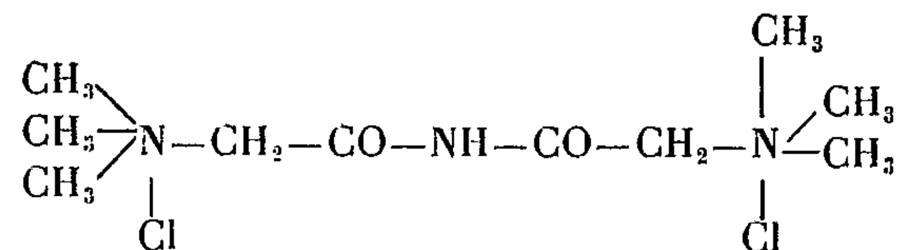
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation d'une diaminodiacétamide*. Note de M. **Michel Backès**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La dichlorodiacétamide se condense avec certaines amines tertiaires en donnant des diamides de chlorure de bétaïne. Dans le cas de la diméthylaniline la réaction conduit immédiatement à la N phényl-N méthyldiaminodiacétamide.

Les amines tertiaires agissent sur la dichlorodiacétamide comme elles le font sur l'acide chloracétique : une molécule d'amine se condense avec le carbone porteur du Cl et il en résulte une diamide de bétaïnechlorure :



Ainsi, la *triméthylamine* conduit à la diamide du chlorure de *triméthylbétaïne*.

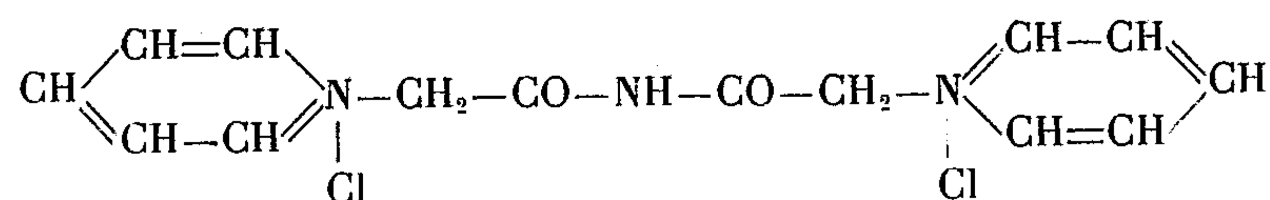


La pyridine permet de même de préparer la *diamide du chlorure de pyrido-*

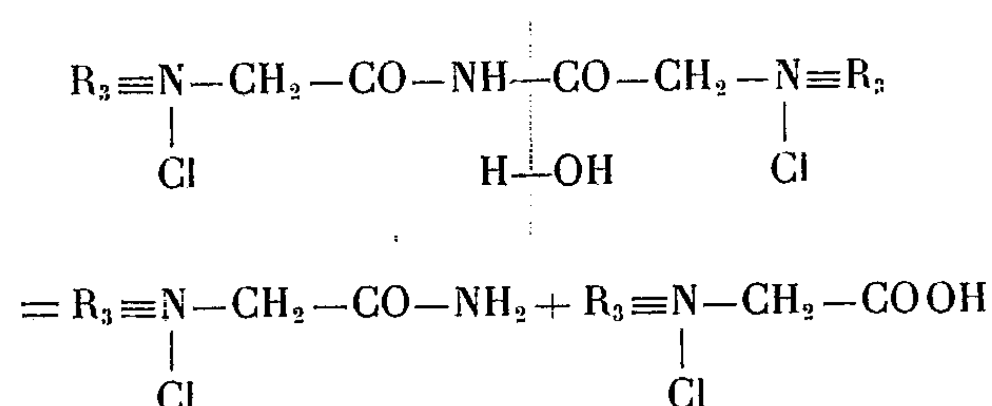
([3]) *J. Chem. Soc.*, 1947, p. 390.

([4]) Le pipérazino bis-(dithiocarbamate de sodium) a été préparé et étudié par R. Damiens et R. Delaby, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 931.

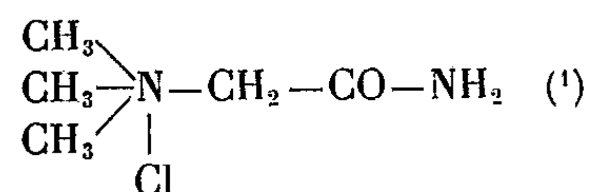
bétaïne



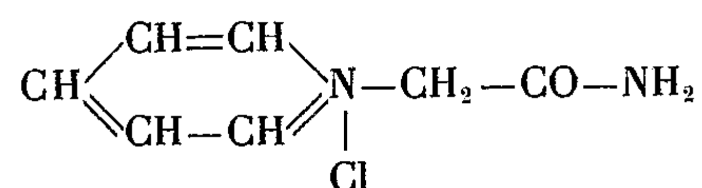
Dans les deux cas la réaction est fortement exothermique vers 50°. Les deux diamides sont des solides cristallisés, hygroscopiques et qui, réagissent avec l'eau absorbée dès qu'on chauffe le produit humide. Cette hydrolyse s'arrête après la fixation d'une molécule d'eau et il en résulte une molécule de chlorure de bétaïne et une molécule de monoamide du chlorure de bétaïne :



Dans le cas du composé triméthylé l'hydrolyse nous a permis d'isoler le chlorure de triméthylbétaïne et l'amide correspondante :



Dans le cas du composé pyridiné nous avons obtenu de même, à côté du chlorure de pyridobétaïne, l'amide du pyridobétaïnechlorure



Les alcools méthylique et éthylique se comportent à l'ébullition comme l'eau : ils effectuent l'alcoolyse de la diamide avec formation du chlorure de bétaïne monoamide et de l'ester de bétaïnechlorure.

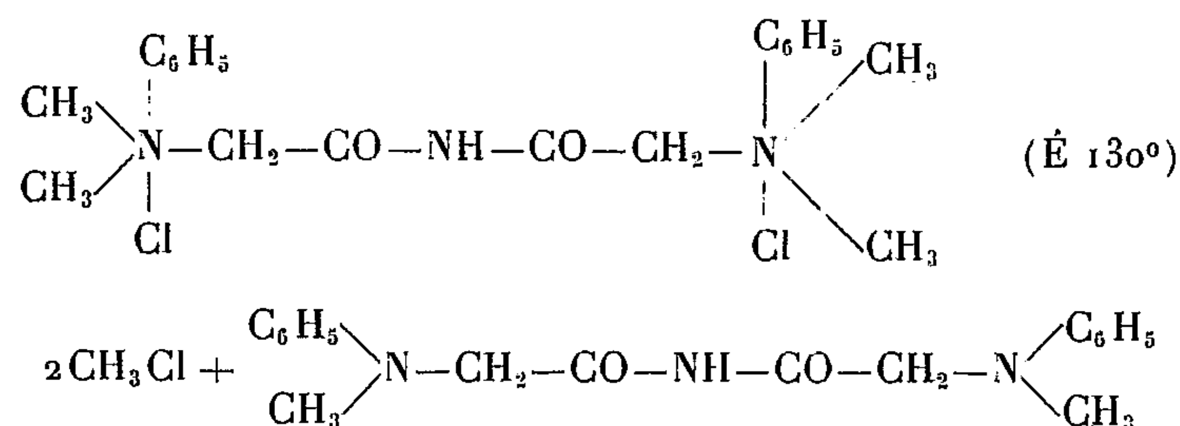
Le centre actif des diamides de bétaïnechlorures est donc encore le groupement —CO—NH—CO central.

La *triéthylamine* et la dichlorodiacétamide ne conduisent pas à une diamide de bétaïne. Dans une réaction exothermique à 50° il apparaît du chlorhydrate

(1) Renshaw et Hotchkiss, *J. Am. Chem. Soc.*, 48, 1926, p. 2702.

de triéthylamine. Nous cherchons actuellement à connaître le sort du reste de la molécule de dichlorodiacétamide.

Enfin, la *diméthylaniline* est la première amine aromatique qui nous ait donné un résultat positif. Jusqu'à 100°, elle ne réagit pas avec la dichlorodiacétamide. A 130°, il y a une réaction visible : on observe un dégagement massif de chlorure de méthyle. Tout se passe comme s'il se formait d'abord une bétaïnediamide qui se décompose à la température de sa formation suivant un mode bien connu pour les sels d'ammonium quaternaire :



Nous avons obtenu ainsi la première diaminodiacétamide vraie : la diamide N-phényl-N-méthyl aminoacétique. C'est un solide blanc, bien cristallisé, soluble dans les solvants usuels, il fond à 150°.

Comme les composés précédents, cette diamide présente encore une sensibilité à l'hydrolyse. Après une ébullition prolongée avec de l'eau, elle est scindée en acide N-phényl-N-méthylaminoacétique et amide N-phényl-N-méthylaminoacétique.

En résumé, la dichlorodiacétamide se comporte à l'égard des amines tertiaires comme l'acide chloracétique dont elle dérive : elle fixe deux molécules d'amine pour donner un dichlorure d'ammonium quaternaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Vitesse d'oximation de quelques acylphénanthrènes.* Note de Mme **Ordibehechte Ghaznavi-Vadiie**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La proportion d'oxime formée varie considérablement suivant le radical et aussi selon la position qu'il occupe sur le noyau. On peut constater que dans les séries 2 et 3 des acylphénanthrènes la réactivité diminue d'une façon appréciable quand on passe de l'acétyle au propionyle et surtout au pivalyle. Cette différence de réactivité est beaucoup moins importante pour les dérivés 9-substitués.

Afin de déterminer la réactivité des différents acylphénanthrènes selon la place occupée par la fonction cétonique sur le noyau, d'une part, et selon la constitution du radical aliphatique, d'autre part, j'ai été amenée à mesurer les vitesses d'oximation. Cette étude me paraissait d'autant plus intéressante qu'il existe généralement un parallélisme étroit entre la réactivité des corps organiques et leurs spectres d'absorption. On pouvait,

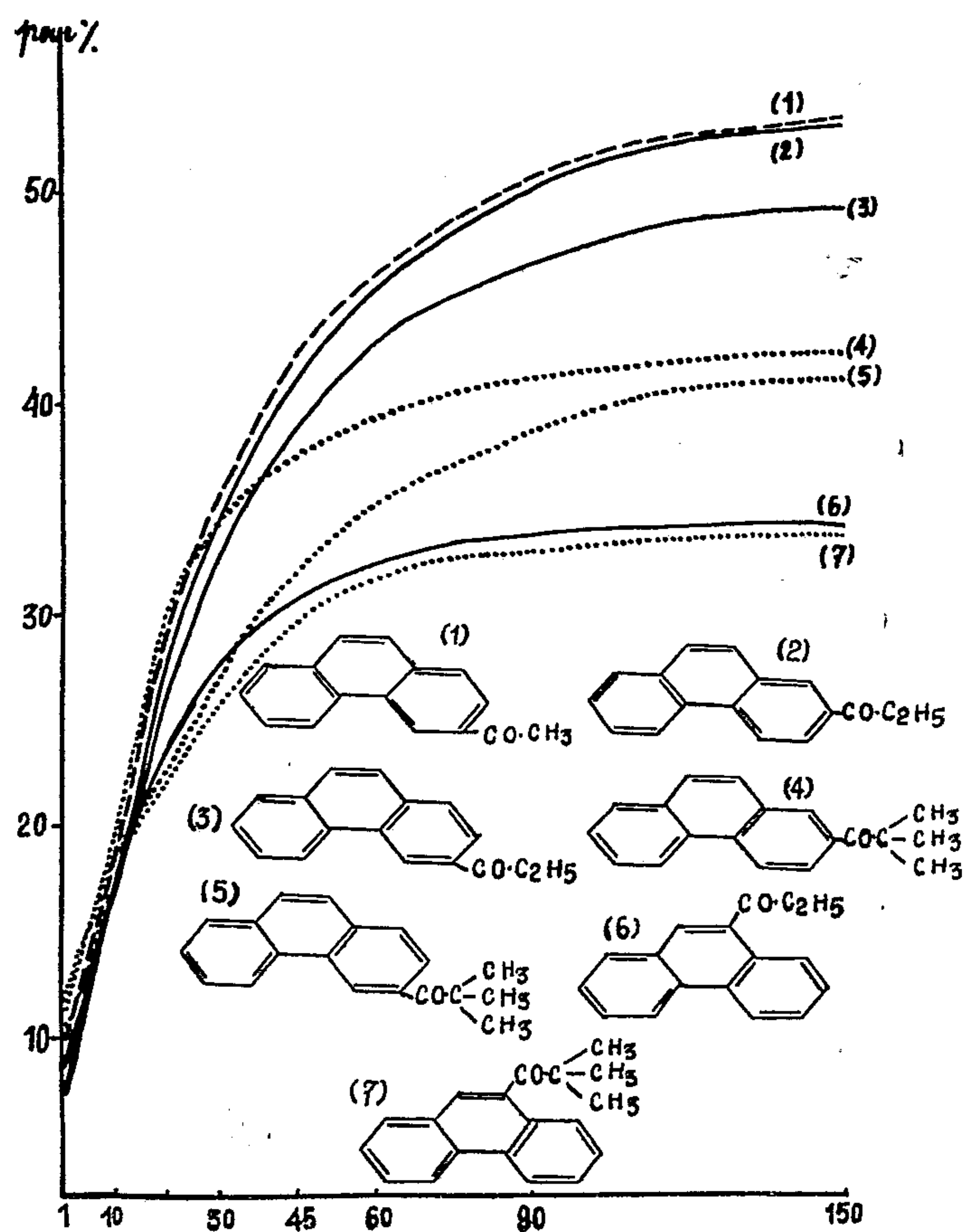
en effet, se demander si au comportement spectral différent des dérivés 9- ou des dérivés α-triméthylés, ne correspondaient pas quelques particularités réactionnelles ([1]).

Les cétones réagissent avec le chlorhydrate d'hydroxylamine pour donner des oximes suivant l'équation :



$$R_2 = CO + NH_2OH,HCl \rightarrow R_2 = C = N - ON + HCl$$

On peut doser la quantité d'acide chlorhydrique libéré à l'aide d'une solution alcaline titrée, en présence de bleu de bromophénol. Le chlorhydrate d'hydroxylamine, la cétone et l'oxime sont neutres vis-à-vis de cet indicateur.



Toutes les mesures de vitesse de réaction des cétones ont été faites avec le chlorhydrate d'hydroxylamine à raison de deux molécules pour une de cétone; les concentrations étant de N/20 en chlorhydrate et de N/40 en cétone, dans l'alcool à 90 %, à la température de 38°.

([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 595 et 1522; 239, 1954, p. 355.

J'ai représenté les résultats par des courbes (*fig.* 1), en portant en abscisses les temps en minutes et en ordonnées les pourcentages d'oximes formées.

En examinant ces courbes on remarque que la proportion d'oxime formée varie considérablement suivant le radical et aussi selon la position qu'il occupe sur le noyau. On peut, en effet, constater que dans la série des 3-acylphénanthrènes la réactivité diminue d'une façon appréciable quand on passe de l'acétyle au propionyle et surtout au pivalyle. La même remarque peut être faite pour les 2-acylphénanthrènes.

Par contre, en ce qui regarde les dérivés 9, on voit que la différence de vitesse de réaction entre la cétone à radical aliphatique non ramifié et la cétone triméthylée en α est très faible, *ce qui est en opposition avec la théorie classique de l'empêchement stérique.*

En ce qui concerne l'influence de la position des radicaux sur le noyau on constate que la proportion d'oxime formée augmente quand on passe des dérivés 9 aux dérivés 3 puis aux dérivés 2-substitués.

En conclusion, les mesures de vitesse d'oximation ont montré que la réactivité des 9-acylphénanthrènes diffère considérablement de celles des isomères 3 et 2; non seulement elle leur est nettement inférieure mais encore elle est beaucoup moins sensible aux influences d'ordre structural.

GÉOLOGIE. — *Formations quaternaires de la vallée d'Aure (Pyrénées Centrales).*
Note de Mlle **Henriette Alimen**, présentée par M. Charles Jacob.

La permanence géographique du tracé de la Neste sur la ligne Nord-Sud qui aboutit à La Barthe-de-Neste (vallée d'Aure) a entraîné le démantèlement des formations glaciaires et fluvio-glaciaires quaternaires en lambeaux qui sont restés par suite d'interprétation difficile ([1]). Pour les identifier, je me suis servie des méthodes que j'ai proposées pour la Bigorre ([2]).

I. Les diverses alluvions définies par leurs caractères pétrographiques. — *a. La formation en nappe du Lannemezan* (altitude absolue 660-670 m aux environs de La Barthe-de-Neste). — Les « galets de Lannemezan » jouent le rôle essentiel (85 %) et parmi eux, les grès prédominent fortement sur les quartzites. Les granites sont absents, les schistes

---

([1]) A. Penck, trad. Braemer, *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, 1885; L. Goron, *Le rôle des glaciations quaternaires dans le modelé des vallées maîtresses des Pyrénées*, Privas, Toulouse, 1941; R. Pic, *Revue géogr. des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 4, 1933, p. 396-420 et 472-489.

([2]) H. Alimen, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), 3, 1953, p. 377-391.

pourris en argile ou silicifiés. La gangue, de couleur orangé, est argileuse et provient de la décomposition des galets.

b. Les alluvions fluvio-glaciaires günziennes. — Elles se localisent près du thalweg actuel, légèrement encaissées sous la formation précédente. Un premier palier, très élevé (altitude absolue 650 m au Nord et à l'Ouest de La Barthe-de-Neste) est peut-être antérieur au Günz : ses alluvions contiennent 80 % de galets de Lannemezan, avec quantité sensiblement égale de grès et de quartzites; les granites sont toujours absents et la gangue est identique à la précédente. On y observe de nombreux éclatements thermiques et éclatements de gel. Les alluvions du second palier (nappe de Sarrat, Günz) ne paraissent conservées qu'en peu de points. Au droit du lieudit Sarrat, au Sud de La Barthe-de-Neste, elles dominent la Neste de 90 m (altitude absolue 615 m). Dans les galets et blocs, souvent de très grande taille, de cette formation, les galets de Lannemezan ne jouent plus qu'un rôle très effacé (5 %); les galets de quartzite prennent un faciès très voisin de celui des « galets d'Espoey » [2] (50 %). On compte 2 % de galets granitiques, reconnaissables mais plus ou moins arénisés. L'arène granitique est rouge. Le nombre des schistes, totalement pourris et presque indiscernables de la gangue, est encore important. La gangue, très argileuse, provient de la décomposition des galets. Les cupules thermiques et les fissurations par le gel sont fréquentes.

Les grès de Lannemezan, déjà raréfiés dans la nappe de Sarrat, ne se retrouvent pas dans les nappes plus récentes.

c. Les alluvions fluvio-glaciaires mindéliennes. — De Hèches à La Barthe-de-Neste, elles forment une terrasse d'altitude relative de 60 m, qui conserve un beau développement en aval du coude de la Neste à La Barthe (terrasse de La Barthe-de-Neste). Les granites prennent tout de suite une importance marquée (20 à 30 % de galets conservés, mais souvent peu cohérents), pour en moyenne 55 % de galets d'Espoey. L'arène granitique est de couleur rouille (altération des ferromagnésiens en orangé). Les galets de schistes ne sont plus altérés au point d'être argileux et indistincts de la gangue. Celle-ci est argileuse, jaune-orangé.

d. Les lambeaux morainiques rissiens (notablement en amont des alluvions précédentes; placages d'Arreau notamment). — Les galets granitiques sont nombreux et mieux conservés que précédemment, souvent entiers (25 % de granites non arénisés, 35 % de galets de type Espoey). L'arène de décomposition des granites est blanche, les ferromagnésiens restant à peu près intacts. Il y a des schistes altérés et d'autres intacts. La gangue est plus graveleuse et moins argileuse que dans les nappes antérieures, de teinte jaune-brun.

e. Les alluvions morainiques würmiennes de Rebouc (Würm I). — Elles présentent un gros contingent de granites (66 % pour 26 % de galets

d'Espoey). Les stades suivants du Würm ne contiennent plus de galets de faciès Espoey (60 % de granites dans les *alluvions morainiques de Cadéac* et 67 % dans la *moraine frontale de Bazus*, du moins pour les gros blocs). Encore arénisés quelque peu sur leur surface dans le Würm le plus ancien, les blocs de granite sont ensuite tout à fait intacts. La gangue est graveleuse, de couleur jaune-verdâtre. D'importants dépôts de pente, souvent consolidés en brèches, se sont formés dans la vallée d'Aure, au cours du Würm, et scellent les dépôts morainiques antérieurs.

II. Paléosols. — Des canaux d'irrigation, non encore mis en eau cette année, m'ont montré, vers La Barthe-de-Neste et Sarrat, de très beaux paléosols. La formation de Lannemezan a un sol rouge, à passées jaunes, contenant par endroits (Ouest de La Barthe notamment) une croûte latéritique peu épaisse. La nappe de Sarrat et la nappe de La Barthe-de-Neste portent l'une et l'autre un sol rouge typique. Il paraît donc désormais impossible de rattacher au Riss la nappe de La Barthe-de-Neste, comme l'ont fait de nombreux auteurs.

Sur la moraine rissienne à Arreau, il ne paraît pas s'être formé de sol, mais le limon caillouteux superposé, subaérien, d'âge vraisemblablement rissien, est de couleur brune, comme le sol de la nappe rissienne des environs de Lourdes. Il repose sur le cailloutis par un contact de solifluxion.

Enfin, au sommet de la moraine würmienne de Bazus existe un sol de type podzolique, avec une zone A gris clair, une zone B brun rouille, où vers la base l'oxyde de fer s'est concrétionné, en emprisonnant les galets.

La nature de ces divers paléosols confirme pleinement les corrélations entre les glaciations pyrénéennes et alpines établies d'après les caractères pétrographiques.

Conclusions. — Ces observations nouvelles en haute vallée de la Neste étendent à un autre bassin fluvial, celui de la Garonne, les méthodes chronologiques que j'ai proposées pour les vallées de la Bigorre. Elles démontrent en même temps, par les critères mêmes de Penck et de Brückner, l'existence d'un Günz bien défini (peut-être précédé d'une phase glaciaire antérieure) et le beau développement du Mindel dans les Pyrénées Centrales.

TECTONIQUE. — *Influence du relief sur les déformations de la Terre dues à des charges superficielles.* Note de M. **Georges Jobert**, présentée par M. Charles Maurain.

On étudie l'influence du relief sur les déformations de la Terre causées par des charges superficielles (marées océaniques, anticyclones ou dépressions).

Il est nécessaire de tenir compte dans l'observation des marées terrestres de

l'effet perturbateur des marées océaniques (déformation du sous-sol et variation du champ de gravité de l'Océan). La déformation causée par la charge des marées est généralement calculée par application de la méthode de Boussinesq dans l'hypothèse d'un demi-espace élastique homogène. On peut rechercher une meilleure représentation de la réalité en introduisant un relief superficiel ou un noyau dans le sous-sol (infiniment rigide ou vide).

Pour ces deux problèmes on peut utiliser une même méthode si l'on se place dans l'hypothèse de la théorie plane de l'élasticité [1]. Cette méthode consiste essentiellement à opérer une transformation conforme d'un domaine simple sur le domaine plan occupé par le corps :

— demi-plan, dans le cas d'un corps à relief superficiel;

— anneau de cercles concentriques, dans le cas d'un noyau intérieur. Nous ne nous occuperons ici que du premier cas et nous nous bornerons à donner l'essentiel des résultats théoriques.

Les déformations en un point $\zeta = \xi + i\eta$, du corps élastique soumis à des tensions superficielles données, peuvent s'exprimer au moyen de deux fonctions analytiques de ζ, φ_1 et ψ_1, dites fonctions de Goursat :

$$2\mu(u_\xi + iu_\eta) = k\varphi_1(\zeta) - \zeta\varphi'_1(\zeta) - \psi_1(\zeta) \qquad \text{et} \qquad k = \frac{\lambda + 3\mu}{\lambda + \mu}.$$

Si l'on réalise une transformation conforme, $\zeta = \omega(z)$, du demi-plan ($Im\, z < 0$), sur le domaine plan occupé par le corps, on est conduit à déterminer les fonctions $\varphi(z) = \varphi_1(\omega(z))$ et $\psi(z) = \psi_1(\omega(z))$ satisfaisant la condition :

$$Im\, z = 0, \quad N(z) + iT(z) = \frac{\varphi'(z)}{\omega'(z)} + \frac{\overline{\varphi'(z)}}{\overline{\omega'(z)}} + \frac{\overline{\omega(z)}}{\overline{\omega'(z)}}\left(\frac{\varphi'(z)}{\omega'(z)}\right)' + \frac{\psi'(z)}{\omega'(z)}$$

en désignant par N et T les composantes normale et tangentielle de la tension superficielle au point $\zeta = \omega(z)$.

En utilisant les propriétés des noyaux de Cauchy et de Schwartz, on est ramené à la résolution de deux équations intégrales, qui, dans le cas où $\omega(z)$ est une fraction rationnelle, ont des noyaux dégénérés, et, par suite, se réduisent à des équations algébriques linéaires.

Nous avons fait cette étude dans le cas de la fraction rationnelle la plus simple :

$$\zeta = \omega(z) = -i + \frac{z^2 + a}{z - i},$$

[1] N. I. MUSHELIŠVILI, *Nekotorjie osnovjie zadači matematičeskoi teorii uprugosti* (*A. N. C. C. C. R.*, Moskva, 1954).

forme réduite à laquelle on peut ramener la fraction la plus générale à dénominateur du premier degré et numérateur du second, par des translations et des similitudes.

La frontière du corps est alors une cubique cissoïdale, dont on peut suivre aisément la déformation quand a varie. Signalons deux cas particuliers :

— pour $a = 9$, on obtient une schématisation d'un anticlinal à falaises verticales;

— pour $a = 3 - 2i$, celle d'un plateau se relevant peu à peu pour dominer par une falaise verticale une dépression qui se comble progressivement.

On pourrait supposer simplement que la surface du corps est soumise à une pression constante sur une bande, mais on obtiendrait un déplacement infini à l'infini. Pour éviter cette difficulté, qui provient du fait que la résultante des forces appliquées n'est pas nulle, le plus simple est d'adjoindre à la bande comprimante une bande déprimante de même puissance, l'ensemble schématisant les zones de l'Océan à marée montante et descendante. Il est alors possible d'évaluer la différence entre le déplacement en un point ζ de la surface du corps et le déplacement qui existerait au point correspondant z de la surface plane, si celle-ci était soumise à des efforts obéissant à la même loi en fonction de l'abscisse z que les efforts réels au point ζ.

$$\left.\begin{array}{l}\text{Cas du corps, au point } \zeta = \omega(z) \\ \text{Cas du demi-plan, au point } z\end{array}\right\} \mathrm{N} + i\mathrm{T} = \begin{cases} 0 & \text{si } |z - \mathrm{B} - c| > c \text{ et } |z - \mathrm{A} - c| > c, \\ -p & \text{si } |z - \mathrm{B} - c| < c, \\ +p & \text{si } |z - \mathrm{A} - c| < c. \end{cases}$$

Si l'on pose

$$z - i = \tau e^{i\nu}, \qquad z - \mathrm{A} - 2c = \rho_1 e^{i\theta_1}, \qquad z - \mathrm{B} - 2c = \rho'_1 e^{i\theta'_1},$$
$$z + i = \tau \bar{e}^{i\nu}, \qquad z - \mathrm{A} = \rho_2 e^{i\theta_2}, \qquad z - \mathrm{B} = \rho'_2 e^{i\theta'_2},$$

(Les arguments sont évalués en prenant un point z', $\mathrm{I}m(z' < 0)$, et en faisant tendre z' vers z), on obtient

$$\Delta(u_\xi + iu_\eta) = \frac{p(a-1)}{4i\pi\mu}\left[\frac{-1}{z-i}\left((k+1)\,\mathrm{L}\frac{\rho_1\rho'_2}{\rho_2\rho'_1} + (k-1)i(\theta_1 + \theta'_2 - \theta_2 - \theta'_1)\right)\right.$$
$$+ (k+1)\left(\frac{\mathrm{L}\frac{\rho_1}{\tau} - i\nu}{\mathrm{A}+2c-i} - \frac{\mathrm{L}\frac{\rho_2}{\tau} - i\nu}{\mathrm{A}-i} + \frac{\mathrm{L}\frac{\rho'_2}{\tau} - i\nu}{\mathrm{B}-i} - \frac{\mathrm{L}\frac{\rho'_1}{\tau} - i\nu}{\mathrm{B}+2c-i}\right)$$
$$\left. + (k-1)i\left(\frac{\theta_1}{\mathrm{A}+2c-i} - \frac{\theta_2}{\mathrm{A}-i} + \frac{\theta'_2}{\mathrm{B}-i} - \frac{\theta'_1}{\mathrm{B}+2c-i}\right)\right].$$

PALÉONTOLOGIE. — *La mandibule et les dents inférieures des Limnopithèques.* Note de Mlle **Denise Ferembach**, présentée par M. Charles Jacob.

L'étude de la mandibule et des dents des Limnopithèques vient confirmer la non affinité de ces formes fossiles avec les Hylobatidés. *L. legetet* se rapproche tout à fait des Pongidés et surtout des Chimpanzés. *L. macinnesi*, plus généralisé, possède encore des caractères propres aux Cynomorphes.

Nous avons, dans une précédente Note [1], comparé les os des membres de *Limnopithecus macinnesi* à ceux des Anthropomorphes et des Cynomorphes actuels. L'examen de la mandibule et des dents inférieures vient compléter cette première partie.

1° *La mandibule.* — Les fragments mandibulaires mis à jour ne comportent que la branche horizontale. Les os de *L. macinnesi* différent de ceux de *L. legetet*, et nous étudierons chaque espèce séparément.

Le corps de la mandibule de *L. legetet* s'éloigne de celui des Hylobatidés par sa plus grande hauteur et son aspect plus robuste, par ses bords supérieurs et inférieurs sensiblement parallèles et l'absence d'incisure préangulaire. Tous ces caractères se retrouvent, par contre, chez l'Orang et chez le Chimpanzé. La branche horizontale des Hylobatidés est moins élevée et moins épaisse; ses bords convergent vers l'arrière et l'incisure préangulaire est nettement marquée.

L. macinnesi présente un corps plus allongé et plus mince que celui de *L. legetet*; mais, comme tous les autres caractères sont comparables à ceux de cette espèce (bords parallèles, absence d'incisure préangulaire) et que, comme nous le verrons, sa denture possède quelques traits typiques des Cynomorphes, nous pensons que cette gracilité est davantage comparable à celle de ces derniers.

2° *Les dents inférieures.* — Les molaires des Limnopithèques diffèrent nettement de celles des Cynomorphes, en particulier par la présence de l'hypoconulide sur M_1 et M_2 et le gabarit général de la dent. Le tableau suivant résume l'analyse comparative des molaires.

Nous pouvons constater que, si les caractères rapprochant les Limnopithèques des Hylobatidés existent aussi chez certains Pongidés, à l'inverse, de nombreux détails ne se retrouvent que chez ces derniers. Ce tableau nous indique, de plus, que les dents de *L. legetet* ont davantage de points communs avec celles des Chimpanzés (sept caractères) qu'avec celles des deux autres Pongidés (quatre caractères). Les molaires de *L. macinnesi* ont un aspect plus généralisé.

---

(1) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2101.

Comparaison des molaires.

	L. legetet.	*L. macinnesi.*
Ordre de décroissance de ces dents........	$M_2 > M_3 > M_1$: A	$M_2 > M_3 > M_1$: A
Allongement des molaires................	Indices comparables aux A	Indices comparables aux A, ou G et Cy
Taille relative des cuspides..............	Variable : A	Variable : A
Disposition des cuspides.................	Variable : A	Variable : A
Zone de contact à la base métahypoconide.	Longue : A	Longue : A
Fovea antérieure........................	Présente : A, Cy	Présente : A, Cy
Fovea antérieure (entre ento et hypoconulide)..............................	Faible ou absente : Ch, Gi	Présente : G, O, Gi
Fovea externes : 3......................	Présentes : G	Présentes : G
Crête transverse antérieure reliant le proto au métaconide.......................	Basse, émoussée : G, Ch	Fine, saillante : Ch, O, Gi
Crête reliant l'ento à l'hypoconulide......	Absente : Ch, O, Gi	Présente : G, O, Gi
Convexité de la muraille externe..........	Forte : P	Forte : P
Rides.................................	Nulles : G, Gi, Cy Proconsul	Nulles : G, Gi, Cy Proconsul
Hauteur des cuspides et profondeur de la fossette qu'elles délimitent............	Basses : Ch, O Peu profonde : *Id.*	Basses : Ch, O Peu profonde : *Id.*
Position de la fossette délimitée par les cuspides............................	Centrale : Ch, O; ou interne : A	Interne : A
Cingulum.............................	Surtout buccal, fort : P; ou faible : A	Surtout buccal fort : P; ou faible : A
Racines (étudiées sur des radios).........	Tronc court, racines allongées, branche antérieure M_1 arquée : Ch	?

Caractères se retrouvant chez : A, Anthropomorphes; P, Pongidés; G, Gorille; Ch, Chimpanzé; O, Orang; Gi, Gibbon; Cy, Cynomorphes.

La prémolaire distale ne nous a apporté aucun argument supplémentaire. La prémolaire mésiale de *L. macinnesi* se distingue de celle de *L. legetet* par sa plus grande ressemblance avec les dents correspondantes des Cynomorphes. Enfin, les canines de ces espèces fossiles sont plus robustes que celles des Hylobatidés et n'ont pas la forme en sabre qui les caractérisent. Elles évoquent plutôt celles des Pongidés.

L'étude des mandibules et des dents vient donc confirmer la non affinité des Limnopithèques avec les Hylobatidés, et leur parenté avec les Pongidés. *L. legetet* se rapproche davantage du Chimpanzé. *L. macinnesi*, moins spécialisé, possède encore des traits de Cynomorphes.

La comparaison de ces formes avec le Pliopithèque de Sansan (Miocène

moyen et supérieur) nous a montré que la ressemblance entre ce fossile et *L. legetet* était plus grande que celle unissant *L. legetet* à *L. macinnesi*. *Pliopithecus antiquus* serait ainsi le descendant direct de *L. legetet*. Il ne présente, par conséquent, comme ce dernier, aucune parenté avec les Hylobatidés, contrairement à ce qui était admis jusqu'à maintenant.

PHYSIQUE DE LA HAUTE ATMOSPHÈRE. — *Résultats préliminaires d'observations ionosphériques de l'éclipse de Soleil du* 30 *juin* 1954. Note de MM. **Klaus Bibl** et **François Delobeau**, présentée par M. Jean Cabannes.

Conditions des observations. — Nous avons effectué des sondages ionosphériques dans la zone de totalité de l'éclipse solaire du 30 juin 1954. Elles ont eu lieu à bord d'un bâtiment de la Marine nationale, le long de la côte norvégienne au sud de Bergen par $L = 60°19',2$ N et $G = 05°15',2$ E. Ce point était à 9 km au nord de la ligne centrale de l'éclipse.

Nous disposions de deux radiosondeurs du Service de Prévision ionosphérique militaire. Le premier du type panoramique explorait en 12 s l'intervalle de fréquences 1-20 Mc/s et a permis d'obtenir de façon permanente les ionogrammes $h'(f)$ entre le 26 juin et le 4 juillet. Le second, du type normal, a été utilisé à des mesures d'absorption sur 1,43, 2,09, 2,86 et 4,18 Mc/s. Il en sera rendu compte par ailleurs.

L'éclipse n'a été totale que jusqu'à l'altitude de 73 km ([1]). Les conditions étaient particulièrement intéressantes, puisque le Soleil était sans tache et que sa hauteur n'a varié que de 6°.

Ionisation. — Nous avons pu obtenir les fréquences critiques des différentes couches et leurs hauteurs virtuelles. La couche E était partiellement occultée par une couche E_s devenue plus importante après le maximum. Les couches F_1 et F_2 étaient entièrement séparées en altitude. La couche F_2 a parfois été moins ionisée que la couche F_1 mais ce phénomène ne s'est pas produit pendant l'éclipse.

On a reproduit sur la figure 1 les variations de la densité N_m du maximum d'ionisation soit $N_m = 1,24(f_0)^2 10^4$ électrons/cm³, pour les trois couches E, F_1 et F_2 ainsi que pour une couche intermédiaire apparue entre E et F_1 et pour la couche E sporadique.

On constate pour toutes ces couches *y compris* E_s une diminution considérable de f_0 et un retard positif Δt pour l'établissement du minimum. Les variations de N_m sont sensiblement symétriques par rapport à l'instant du minimum.

Loi de recombinaison. — Soit la loi d'équilibre :

$$\frac{dN_m}{dt} = (1 - p)\, q_0 \,\mathrm{sh} - \alpha_n (N_m)^n, \qquad (1)$$

([1]) Les calculs astronomiques sont dus au Dr. Lederle (Heidelberg).

avec h, hauteur du Soleil; $1-p$, fraction du disque solaire non occultée et q_0, pouvoir ionisant du Soleil. α_2 est donc le coefficient de recombinaison pour une loi normale.

On peut estimer n en comparant (1) le jour de l'éclipse à l'instant du maximum et les jours de comparaison ([2]). $dN_m/dt=0$ dans les deux cas. On trouve une valeurs normale pour $F_1 (n=5/2)$ mais aussi la même valeur pour E alors que $n=3/2$ serait une quantité plus acceptable ([3]). On peut remarquer qu'un effet de bord suffit à mettre ce calcul en défaut.

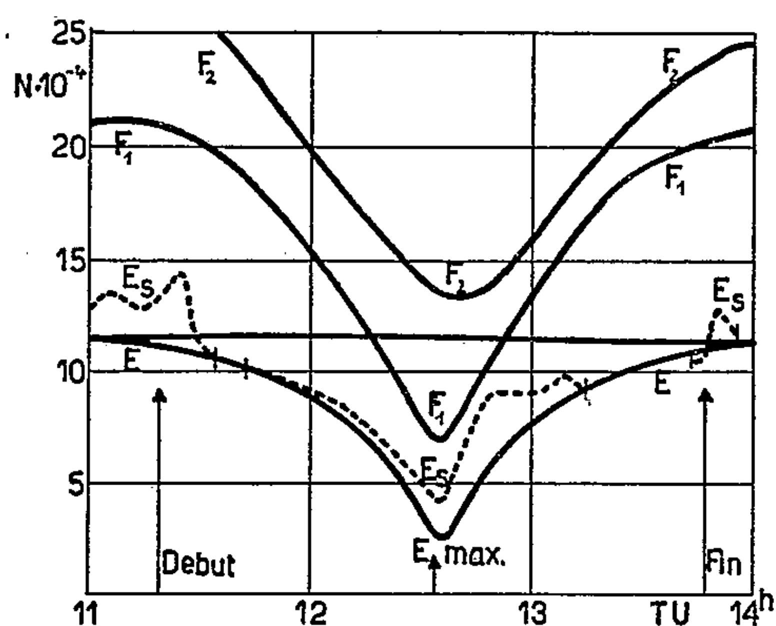


Fig. 1

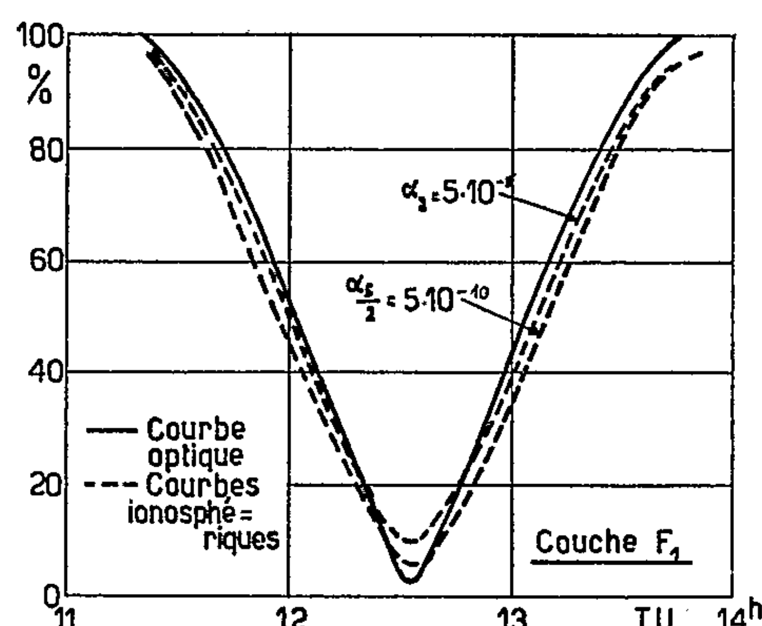


Fig. 2

Coefficient de recombinaison. — On l'obtient de deux manières :

a. A partir du retard mesuré Δt entre les maxima optique et ionosphérique de l'occultation, au moyen de la relation $\alpha_n=(1/n)N_m^{n-1}\,\Delta t$ ([4]).

b. En calculant la loi $(1-p)$ à partir de (1) où l'on donne à α_n diverses valeurs afin de se rapprocher le mieux possible de la loi optique ([5]).

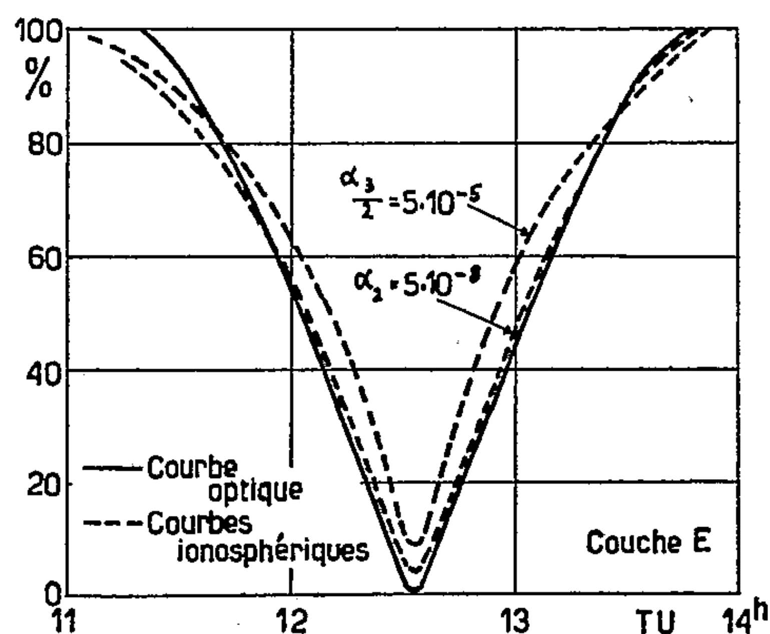


Fig. 3

([2]) P. Meriau et K. Rawer, *Ann. Géophys.*, 10, 1954, p. 9.

([3]) E. Theissen, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1104.

([4]) E. V. Appleton, *J. Atm. Terr. Physics*, 3, n° 5, 1953, p. 282.

([5]) F. Delobeau, *Ann. Geophys.*, 9, 1953, p. 317.

Les limites inférieures possibles sont toujours beaucoup plus grandes que celles ordinairement admises. Δt est trop faible pour conduire à ces dernières et ceci se trouve confirmé par (b). Les courbes ($1 - p$) calculées sont reproduites sur la figure 2 pour F_1 et sur la figure 3 pour E.

On obtient les résultats suivants pour une loi normale :

Couche E : $\alpha_2 \geqq 5 \cdot 10^{-8}$ cm³/s,
Couches E_1 : $\alpha_2 \geqq 5 \cdot 10^{-8}$ cm³/s.

La couche F_2 a également été très sensible à l'éclipse. Le calcul du coefficient de recombinaison α_2 conduit à une valeur supérieure à $5 \cdot 10^{-9}$ cm³/s.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Premières recherches sur l'activité phytocide comparée des acides 2-méthyl-4-chloro et 2-méthyl-6-chloro phénoxyacétiques utilisés seuls et en mélanges.* Note de MM. **Pierre Poignant** et **Raymond Richard**, présentée par M. Raoul Combes.

Les essais réalisés en serre et en plein champ sur Moutarde blanche, avec des produits purs montrent : *a.* l'inactivité phytocide de l'acide 2-méthyl-6-chloro phénoxyacétique jusqu'à la dose maximum essayée de 10 kg/ha et *b.* une synergie entre les deux isomères de l'acide méthylchlorophénoxyacétique.

L'acide méthylphénoxyacétique (MCPA) utilisé pour le désherbage des céréales en particulier, contient deux isomères. Ce sont les acides 2-méthyl-4-chloro (2-M-4-CPA) et 2-méthyl-6-chloro (2-M-6-CPA) phénoxyacétiques. Nous avons étudié l'activité phytocide intrinsèque de ces isomères utilisés seuls et en mélanges suivant différents rapports.

Le mode de préparation des produits purs, de points de fusion constants, sera publié en détail dans une autre publication [1]. Les essais ont été effectués à partir de solutions-mères de chacun des deux sels sodiques du 2-M-4-CPA et du 2-M-6-CPA; leur concentration correspond à une dose de 100 g/l exprimée en acide libre.

Essais en serre [1]. — Les expériences ont été réalisées dans des armoires conditionnées sur des plantules de Moutarde blanche (*Sinapis alba* L.) cultivées en godets. Le traitement a été appliqué sous la forme d'une « atomisation » lorsque les jeunes Moutardes possédaient deux feuilles cotylédonaires, cinq jours après le semis. Le bourgeon apical n'était pas encore visible. L'activité a été estimée quantitativement en fonction de l'intensité des déformations (enroulement des limbes sur leur face extérieure).

---

[1] Le mode de préparation des produits et la description de la technique seront publiés en détail dans *Phytiatrie-Phytopharmacie*, 3, nº 4, 1954.

La concentration la plus active est donc celle pour laquelle les plantes manifestent les déformations les plus intenses. Pour mieux illustrer les résultats consignés dans le tableau I, l'activité d'une solution à 1 g/l de 2-M-4-CPA a été fixée à 100 et celle des autres traitements lui a été rapportée.

TABLEAU I.

Activité par rapport au 2-M-4-CPA (en %).

Concentrations d'acide (mg/l).	2-M-4-CPA.	2-M-6-CPA.	2-M-4-CPA (66,6%) + 2-M-6-CPA (33,3%).
1............	0	0	6
10............	6	0	13
100............	66	6	53
1000............	100	60	100

L'examen de ce tableau montre, compte tenu de la plus petite différence significative obtenue à P = 0,01 que : *a*. l'activité du 2-M-6-CPA est dix fois plus faible que celle du 2-M-4-CPA; c'est ainsi que 100 et 1000 mg/l de 2-M-6-CPA sont respectivement de même activité que 10 et 100 mg/l de 2-M-4-CPA; *b*. le mélange des deux isomères est aussi actif que le 2-M-4-CPA employé seul à une dose égale en acide à la quantité totale de MCPA du mélange.

Essais de plein champ. — L'expérimentation a été réalisée sur des parcelles de 1 m^2 ensemencées en Moutarde blanche suivant le dispositif des blocs de Fisher. Le traitement fut appliqué à l'aide d'un pulvérisateur distribuant 100 cm^3/m^2 de solution, quand les plantes avaient 5-6 feuilles.

Un premier essai de plein-champ a montré que le 2-M-6-CPA est sans aucune activité herbicide jusqu'à la dose maximum essayée de 1 600 g/ha. Il a confirmé aussi les résultats obtenus en serre sur l'activité du mélange à 33 % de 2-M-6-CPA. Enfin il a mis en évidence qu'un mélange de 2-M-4-CPA et de 2-M-6-CPA dans le rapport 90/10 est nettement plus actif que le 2-M-4-CPA employé seul aux doses de 200 et 400 g/acide, total/ha.

Un deuxième essai a été effectué sur Moutardes de 20 cm de haut en moyenne et avant leur floraison. Une pesée de la récolte 34 jours après le traitement a été faite pour illustrer l'activité de chaque traitement. Le tableau II groupe les poids des Moutardes récoltées dans les parcelles traitées aux doses de 800 et 1000 g/acide/ha.

En conclusion, l'ensemble des essais fait particulièrement ressortir les points suivants : 1° le 2-M-6-CPA déforme faiblement les feuilles cotylédonaires de Moutarde, selon les réactions typiques des phytohormones, mais ne possède aucune activité herbicide en plein champ jusqu'à la dose la plus forte essayée de 10 kg/ha; 2° la présente étude met en évidence

pour la première fois une synergie entre deux isomères du MCPA. C'est ainsi que les mélanges contenant le 2-M-4-CPA et le 2-M-6-CPA dans les rapports 95/5 et 90/10 sont significativement plus actifs que le 2-M-4-CPA employé seul à une dose égale à la quantité totale de MCPA des mélanges; 3° le mélange contenant 30 % de 2-M-6-CPA est aussi plus actif que le 2-M-4-CPA à la dose de 1000 g/acide/ha; 4° un mélange contenant 50 % de chaque isomère est significativement moins actif à 800 g/acide/ha.

Tableau II.

Poids moyen des récoltes de Moutarde 34 *jours après le traitement avec le* 2-M-4-CPA *et divers mélanges aux doses de* 800 *et* 1000 g/ha *de produits exprimées en acide libre.*

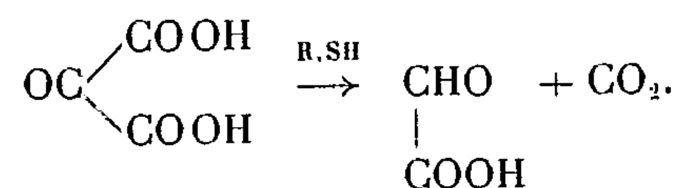
Poids moyen des lots témoins, 182 g. (Plus petite différence significative à P = 0,05; ± 8.)

	2-M-4-CPA.		2-M-4-CPA (95 %) + 2-M-6-CPA (5 %).		2-M-4-CPA (90 %) + 2-M-6-CPA (10 %).		2-M-4 CPA (70 %) + 2-M-6-CPA (30 %).		2-M-4-CPA (50 %) + 2-M-6-CPA (50 %)	
	800 g.	1000 g.	800 g.	1000 g.	800 g.	1000 g.	800 g.	1000 g.	800 g.	1000 g.
Moyenne de la récolte (g).......	45	36	25	21	31	28	37	24	63	38
Réduction par rapport aux témoins (%).................	65	73	82	85	77	79	72	82	53	72
Activité des mélanges par rapport au 2-M-4-CPA (%)..........	100	100	+45	+42	+32	+33	+18	+34	−40	−5

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les propriétés décarboxylantes des Liliacées. Organes de reproduction.* Note de Mlle **Marie Goas**, présentée par M. Raoul Combes.

Chez les Liliacées envisagées, toutes les parties de la fleur et le fruit possèdent, à des degrés divers, des propriétés décarboxylantes. Le pollen se signale par sa valeur mésoxalique exceptionnellement élevée.

Dans un travail antérieur [1], nous avons envisagé le comportement des organes végétatifs des Liliacées vis-à-vis de l'acide mésoxalique considéré comme nouveau réactif des composés thiols [2]



Dans la présente Note, nous nous proposons d'examiner les propriétés décarboxylantes des organes de reproduction. Comme matériel favorable pour

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 989.
(2) G. Brunel-Capelle, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1658.

cette étude nous avons retenu, en raison de la grandeur ou de l'abondance de leurs fleurs, la Tulipe Maréchal Joffre, *Endymion nutans* Dumort et *Galtonia candicans* Decne. Le tableau I donne la valeur mésoxalique des différents organes de fleurs dont les étamines mûres ne sont pas encore déhiscentes.

TABLEAU I.

	Valeurs mésoxaliques.						
Espèces étudiées	Pédoncule floral.	Périanthe.	Filet.	Anthère.	Pollen.	Ovaire.	Ovules.
T. Maréchal Joffre.......	6,0	6,0	6,0	10,5	23,5	7,0	12,0
E. nutans Dumort.......	4,9	3,9	4,8	9,1	31,0	9,0	8,5
G. candicans Decne......	3,9	2,4	2,4	7,6	22,0	7,7	9,9

Toutes les parties de la fleur possèdent la propriété de décarboxyler l'acide mésoxalique; les organes fertiles, étamines et ovules, présentent de beaucoup l'activité la plus élevée; les tépales, malgré leur rôle secondaire, ne sont pas dépourvus de pouvoir décarboxylant.

Dès leur formation, les grains de pollen renferment des composés à fonction thiol; en effet, l'anthère prélevée sur la fleur encore incluse dans le bulbe accuse, pour la tulipe Maréchal Joffre, une valeur mésoxalique égale à 6,0 alors que le maximum, atteint à la maturité de l'étamine, est de 10,5.

Au cours du développement de l'étamine, on constate que le pouvoir décarboxylant de l'anthère croît régulièrement jusqu'au moment de la déhiscence; ainsi, pour *Galtonia candicans* Decne, dont les inflorescences présentent, à un moment donné, des boutons de différentes tailles, nous avons obtenu les valeurs suivantes :

			VMx.
Anthères des boutons	de	8 à 10 mm............	4,6
»	»	15 à 20 »	5,1
»	»	35 à 40 »	7,6

Au moment de la déhiscence de l'anthère, le pollen s'échappe emportant les composés à fonction thiol responsables de la décarboxylation; les déterminations, effectuées sur l'anthère vide (*Galtonia candicans* Decne), conduisent à une valeur mésoxalique nulle.

A l'inverse de ce que nous avons constaté pour l'androcée, la valeur mésoxalique du gynécée diminue jusqu'au moment de la pollinisation; pour *Galtonia candicans* Decne elle passe de 10 à 5, valeur minimum qui coïncide avec la valeur maximum (7,6) de l'anthère. La fécondation paraît être une étape décisive dans l'évolution des propriétés décarboxylantes du gynécée, car le pouvoir décarboxylant croît dans le jeune fruit et passe par un maximum pour le fruit vert n'ayant pas atteint sa taille définitive. La valeur maximum, de 9,0 environ, présentée par ce jeune fruit est, semble-t-il en rapport avec les processus de croissance déclenchés par la fécondation.

Afin de réaliser une étude complète du fruit nous avons séparé péricarpe et graines. Dans les très jeunes fruits de *Galtonia candicans* Decne et d'*Endymion nutans* Dumort. le pouvoir décarboxylant du péricarpe et des graines est sensiblement le même. Durant l'évolution ultérieure du fruit, la valeur mésoxalique des graines devient supérieure à celle du péricarpe et, tandis que ce dernier perd ses composés à groupes thiols dès que la chlorophylle disparaît, la graine, même à maturité, a encore une valeur mésoxalique de l'ordre de 6 pour *Galtonia candicans* Decne.

Il est intéressant de remarquer que jamais le gycénée ni le fruit n'accusent une activité décarboxylante comparable à celle du pollen. En outre, l'activité du pollen est toujours supérieure à celle de la feuille, organe végétatif le plus riche en composés thiols (Tableau II).

TABLEAU II.

Espèces étudiées.	Valeurs mésoxaliques Feuille verte.	Pollen.
Tulipe Maréchal Joffre	14,4	23,5
Endymion nutans Dumort.	14,9	31,0
Galtonia candicans Decne	4,5	22,0

Ceci n'est pas un fait particulier aux Liliacées, car l'étude de *Brassica Napus* L. var. *oleifera* DC., *Iris Germanica* L., *Ficaria ranunculoides* Roth. et de *Juglans regia* L. conduit à des résultats du même ordre. Le caractère décarboxylant exceptionnellement élevé du pollen semble un caractère propre au prothalle mâle.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations cytologiques sur l'évolution et le fonctionnement du méristème apical de* Chrysanthemum segetum L. Note de

Mme **Arlette Lance**, présentée par M. Roger Heim.

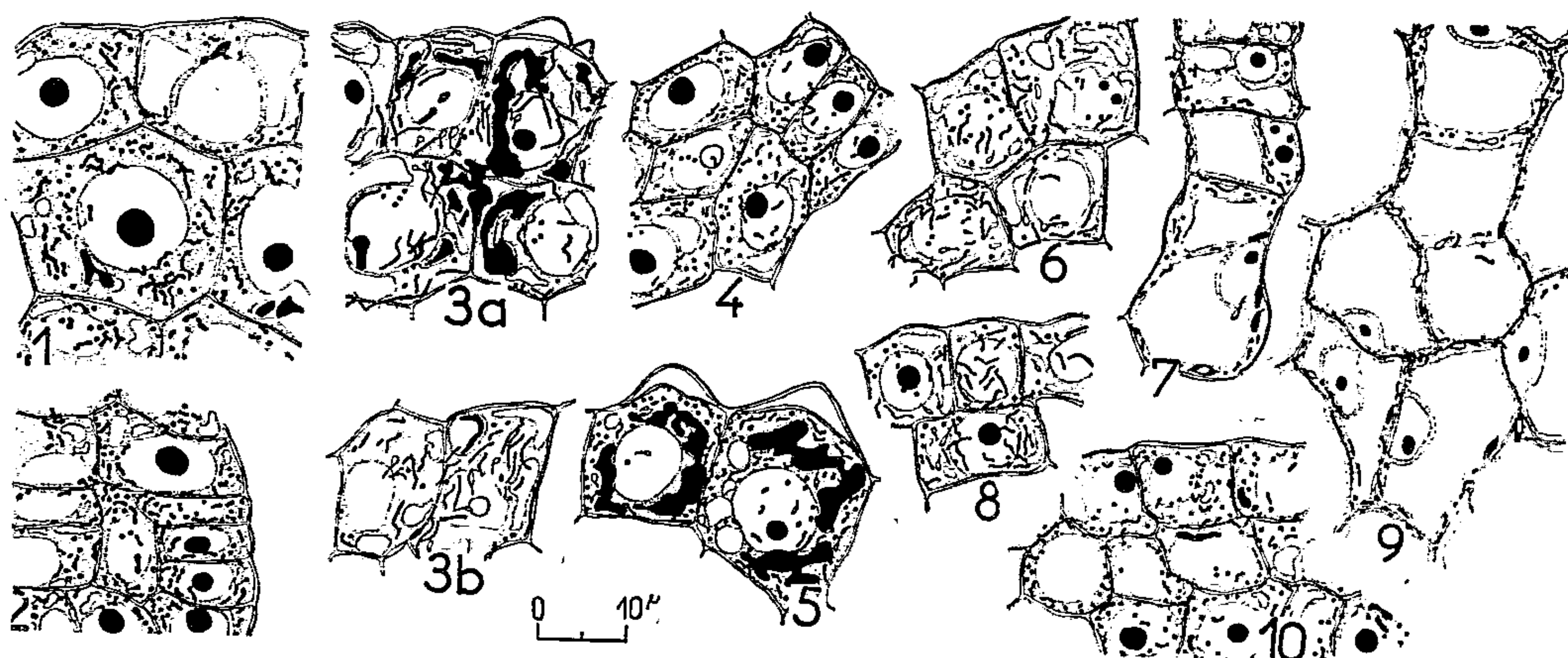
L'apex de *Chrysanthemum segetum* n'achève sa construction qu'après la germination. Puis, l'anneau initial édifie la tige et les feuilles durant la période végétative. Lors de la transformation en méristème inflorescentiel, les parties apicales axiales, qui formaient un méristème d'attente, se dédifférencient et initient les réceptacles floraux et les diverses pièces florales.

Dans la graine, l'apex incomplet, mais déjà encadré de deux primordiums foliaires, possède deux assises tunicales et quelques cellules de méristème médullaire. Le chondriome est punctiforme, les noyaux ont de petits nucléoles.

Dès l'hydratation germinative, les mitochondries s'associent en longues chaînettes et les nucléoles grossissent (*fig.* 1). Comme chez le Chrysanthème de l'Inde ([1]), une troisième assise s'organise et, aussitôt, des divisions

([1]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 80.

périclines axiales y apparaissent ainsi que dans la deuxième assise tunicale. Ces cloisonnements donnent des cellules de méristème médullaire qui se surajoutent à celles déjà présentes dans la graine. Aux premiers stades de la germination, des mitoses apicales axiales sont donc visibles. Elles complètent le point végétatif lui-même, en accroissant le méristème médullaire, mais ne fournissent, en aucun cas, des cellules aux organes foliaires. Simultanément, en effet, des mitoses tunicales anticlines ont lieu sur les bords du grand et du petit axe de l'apex : les premières assurent sa croissance vers le lieu où naîtra le prochain initium; les secondes le restaurent à l'aisselle des deux premiers primordiums formés. Dans les cellules intéressées, les mitochondries se dispersent, les vacuoles se réduisent, les nucléoles demeurant de forte taille (*fig.* 2). Ainsi se dessine, précocement, une zone latérale et subapicale de type méristématique primaire très accusé, formant « l'anneau initial ».



Aspect cytologique des différents territoires du méristème au cours de la vie de la plante (*voir* texte).

La croissance des plantules s'arrête quelques jours après la formation du soubassement foliaire de la troisième feuille. De vastes modifications cytologiques accompagnent l'arrêt momentané de la prolifération. Dans la zone apicale axiale, de grandes vacuoles tannifères entourent bientôt des noyaux à petits nucléoles. Des plastes se différencient de longs chondriosomes s'enchevêtrent en épais faisceaux (*fig.* 3*a*). Le chondriome de l'anneau initial évolue parallèlement, mais les vacuoles restent discrètes (*fig.* 3*b*).

La reprise de la croissance se manifeste d'abord dans le soubassement foliaire de la troisième feuille qui se dédifférencie, rapidement (*fig.* 4). Sous la *tunica*, le méristème médullaire se recloisonne et de l'assise sous-épidermique s'isolent par des divisions périclines axiales des cellules de *corpus*, jusqu'alors inexistantes.

Cependant les plastes se fragmentent moins vite dans les parties apicales axiales où les vacuoles tannifères restent importantes, et les nucléoles de faible diamètre (*fig.* 5). Cette zone possède durant la vie végétative des caractères moins méristématiques que les parties latérales de l'apex; des mitoses relativement rares lui permettent de s'harmoniser avec la croissance du méristème. Mais l'aspect cytologique de l'apex et l'étude cinétique de son fonctionnement montrent que les vagues de dédifférenciation préludant aux initiations foliaires ne l'atteignent pas. C'est le méristème d'attente [Buvat ([2])].

Sous les jours longs de juin, l'apex se différencie à nouveau sur toute son étendue après la surrection de la sixième feuille (*fig.* 6).

Mais les mitoses se font bientôt fréquentes dans le méristème d'attente. Le *corpus* se divise périclinalement formant des empilements de cellules aplaties. Au-dessous, le méristème médullaire s'allonge et produit la moelle (*fig.* 7).

L'anneau initial s'épuise en initiant les deux ou trois premières bractées par des cloisonnements périclines sous-épidermiques situés à sa base. Les mitoses se généralisant à la *tunica* tout entière, l'apex s'élargit et s'allonge. Les bractées naissent, de bas en haut, sur le méristème inflorescentiel ainsi constitué.

L'activation du méristème d'attente se traduit par une dédifférenciation progressive. Les noyaux et les nucléoles s'accroissent d'abord, le cytoplasme s'épaissit (*fig.* 8). Par contre, les cellules issues du *corpus* vite différenciées, se vacuolisent et s'allongent (*fig.* 9).

Le manchon méristématique se dessine formé de deux assises tunicales et des cellules du *corpus* périphérique non vacuolisées. Plus tard, alors que le méristème influorescentiel est encore recouvert des dernières bractées les plastes disparaissent, le chondriome se pulvérise, les tannins régressent sensiblement (*fig.* 10). Les protubérances florales sont initiées de bas en haut par des divisions périclines de la première assise du *corpus*. Ce dernier édifie donc les méristèmes floraux. Les pièces florales naissent plus tard de divisions périclines de l'assise sous-épidermique.

Ainsi, l'apex végétatif se transforme en méristème inflorescentiel, mais les territoires organogènes sont différents dans les deux cas. D'abord, l'anneau édifie les feuilles et la tige. Puis, les cellules issues de l'activation du méristème d'attente, initient les réceptacles floraux, à partir du proméristème réceptaculaire (*corpus*) et les pièces florales à partir du proméristème sporogène (*tunica*) [Buvat ([1])].

([2]) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 813.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur la structure des ponctuations aréolées dans le xylème secondaire de* Pinus silvestris L. Note de M. Roger Buvat, présentée par M. Raoul Combes.

Les soi-disant membranes mitoyennes des aréoles de *Pinus silvestris* sont non seulement perforées, comme Bailey l'avait montré, mais se réduisent à de fins tractus à peine suffisants pour sustendre le torus. Les trachéides ne sont pas plus des cellules closes que les cellules des vrais vaisseaux des Angiospermes.

Dans la plupart des ouvrages d'histologie végétale, les ponctuations aréolées des Gymnospermes sont décrites selon le schéma classique établi par Sanio en 1873 ([1]). Pendant quarante ans, la membrane mitoyenne fut considérée comme continue, imperforée, bien que souvent difficile à voir, ce qui était attribué, à tort croyons-nous, à sa minceur extrême. Cette idée est encore répandue aujourd'hui malgré les recherches expérimentales et micrographiques de I. W. Bailey ([2]) qui avaient montré dès 1913 que cette membrane devait être perforée. Des recherches entreprises sur le xylème des Dicotylédones, nous ont amené à reprendre aussi, mais d'une manière ontogénique, l'étude des aréoles de Gymnospermes.

La différenciation des trachéides semble rapide, car, très près du cambium, les cellules, ayant accru leur dimension radiale, élaborent les assises secondaires de la membrane.

La membrane primaire des faces radiales est épaisse dès le cambium, mais porte une série d'amincissements circulaires (ponctuations primaires), alors que les faces tangentielles sont uniformément fines. Les dépôts secondaires sont d'abord pecto-cellulosiques, puis s'imprègnent de lignine. Les aréoles s'édifient avant la lignification, au-dessus des ponctuations primaires radiales. D'autres se forment à l'automne, sur les membranes tangentielles. Nou-décrirons ultérieurement les débuts de cette genèse. Nous indiquerons seules ment ici que la jeune aréole conserve la membrane mitoyenne primaire, initialement mince, mais qui a d'emblée tendance à devenir plus fine, sauf au centre, d'où la réalisation précoce du « torus ». Ce dernier est souvent réuni aux lèvres de l'aréole par des amas de substance pecto-cellulosique, qui se réduiront plus tard, mais contribuent à l'épaissir.

Cependant, la membrane mitoyenne continue à se résorber avant la fin de la différenciation de la trachéide. Contre le cambium, les premières cellules lignifiées montrent des aréoles à membrane primaire relativement robuste. Le torus y est maintenu au centre de la chambre aréolaire, et, de profil, la membrane qui le soustend est bien visible (*fig.* 1 et 2) quoique très fine. De

([1]) *Jahr. f. Wiss. Bot.*, 9, 1873, p. 50-126.

([2]) *Bot. gaz.*, 52, 1916, p. 133-142.

face, les préparations convenables montrent que le *torus* est relié au contour de la ponctuation, où se trouve un anneau de substance pecto-cellulosique plus épaisse, par un velum déjà amplement perforé (*fig.* 3) ayant l'aspect d'une dentelle à trame colorable par le rouge de ruthénium. Cet aspect des aréoles jeunes est très semblable à celui des aréoles de *Larix*, figurées par Bailey [(2), pl. 1, *fig.* 6].

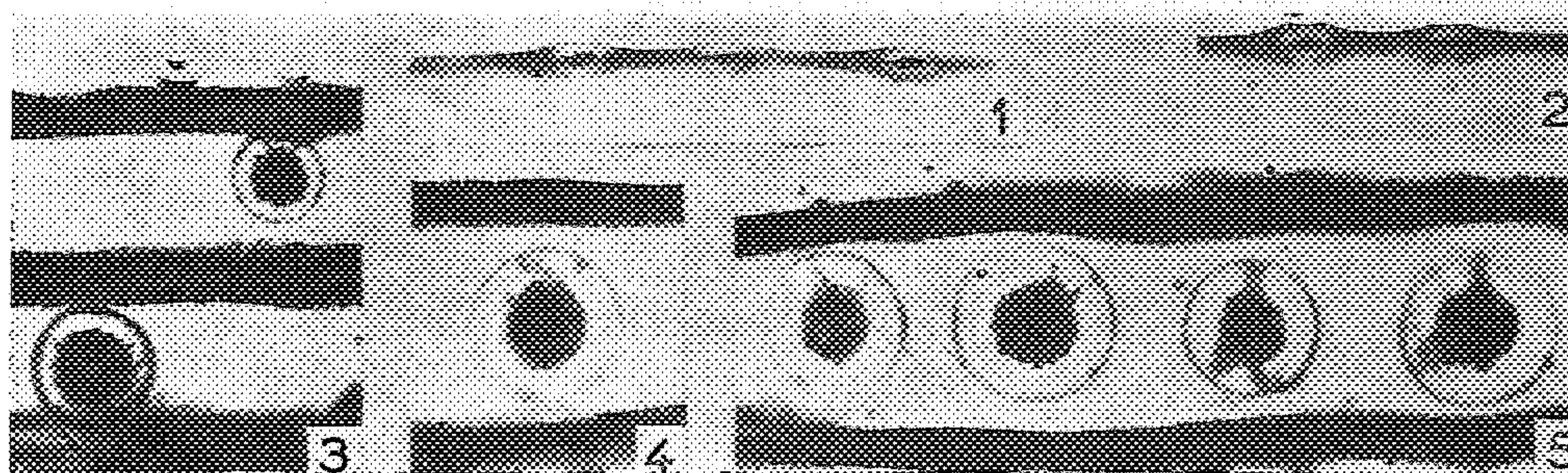


Fig. 1 et 2 : Petites aréoles d'automne, situées près du cambium, à membrane relativement robuste (profils). — Fig. 3 : *Id*, vues de face. — Fig. 4 : Aréole de bois de printemps, montrant l'amincissement de la trame réticulée de la membrane. — Fig. 5 : Aréoles où se sont maintenues des travées réticulées plus épaisses.

Mais, très rapidement, vraisemblablement avant la fin de la différenciation, donc avant la mort de la cellule trachéide, le réseau pectocellulosique primaire se réduit. Les trabécules s'amincissent considérablement, certaines semblent se rompre, et la plupart deviennent si fines qu'elles échappent à l'observation microscopique (*fig*, 4). D'autres restent à peine visibles dans une partie des aréoles, leur diamètre est à la limite du pouvoir séparateur de l'appareil (*fig.* 4); enfin il subsiste, çà et là, des bandes plus larges (*fig.* 5). De profil, la membrane mitoyenne ne se voit plus dans toutes les aréoles. On la remarque parfois d'un seul côté, ce qu'explique la disposition des bandes observées de face. Le torus présente un bord dentelé dont les pointes représentent les bases des filaments, pour la plupart invisibles, qui le sustendent au centre de l'aréole. *Il peut lui-même être perforé*. Cet état ne semble plus se modifier par la suite, dans le bois récent fonctionnel.

L'analyse plus complète de la membrane primaire de l'aréole nécessiterait alors des préparations justiciables du microscope électronique, mais la comparaison des figures obtenues de face et de profil laisse penser que les aréoles de *Pinus silvestris* sont plus voisines de vraies perforations que de ponctuations. La membrane mitoyenne n'est plus faite que de fins tractus très fragiles, comme le montrent les fréquents déplacements ou arrachements du torus dans les préparations.

Bailey a déjà signalé l'importance de ces perforations pour la compréhension des processus d'ascension de la sève brute. Nous y voyons aussi un rappro-

chement structural entre trachéides et vaisseaux. De la définition des premières il nous paraît nécessaire de retirer le caractère de cellule close que l'on plaçait en avant, pour ne garder que l'*absence de croissance transversale considérable* et l'*absence de différenciation de membranes terminales* (perforées). Ces distinctions, purement morphologiques, deviennent physiologiquement moins importantes.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution du chondriome dans la Pomme* (Pirus malus *var. Reinette du Mans*) *soumise à des variations de température*. Note de M. **Louis Geneves**, présentée par M. Raoul Combes.

Le chondriome des cellules adultes (pulpe de fruit mûr) est beaucoup moins sensible aux changements de température que celui des cellules en cours de différenciation (fruits jeunes). L'achèvement de la différenciation se marque par une stabilité accrue des équilibres eau-cytoplasme-chondriome.

Les cellules de la pulpe de pomme mûre sont profondément différenciées. Les préparations fixées montrent des chondriosomes filamenteux, courts et longs, et d'autres vésiculisés. La confection des préparations vitales suffit à vésiculiser tous les chondriosomes avant l'observation. Ils se modifient ensuite constamment (*fig.* 1) : la bordure fine d'une vésicule s'épaissit en une couronne réfringente qui se rétracte, puis s'isole, constituant une autre vésicule. Des courants cytoplasmiques très lents déplacent ces chondriosomes altérés, qui se soudent ou se disjoignent.

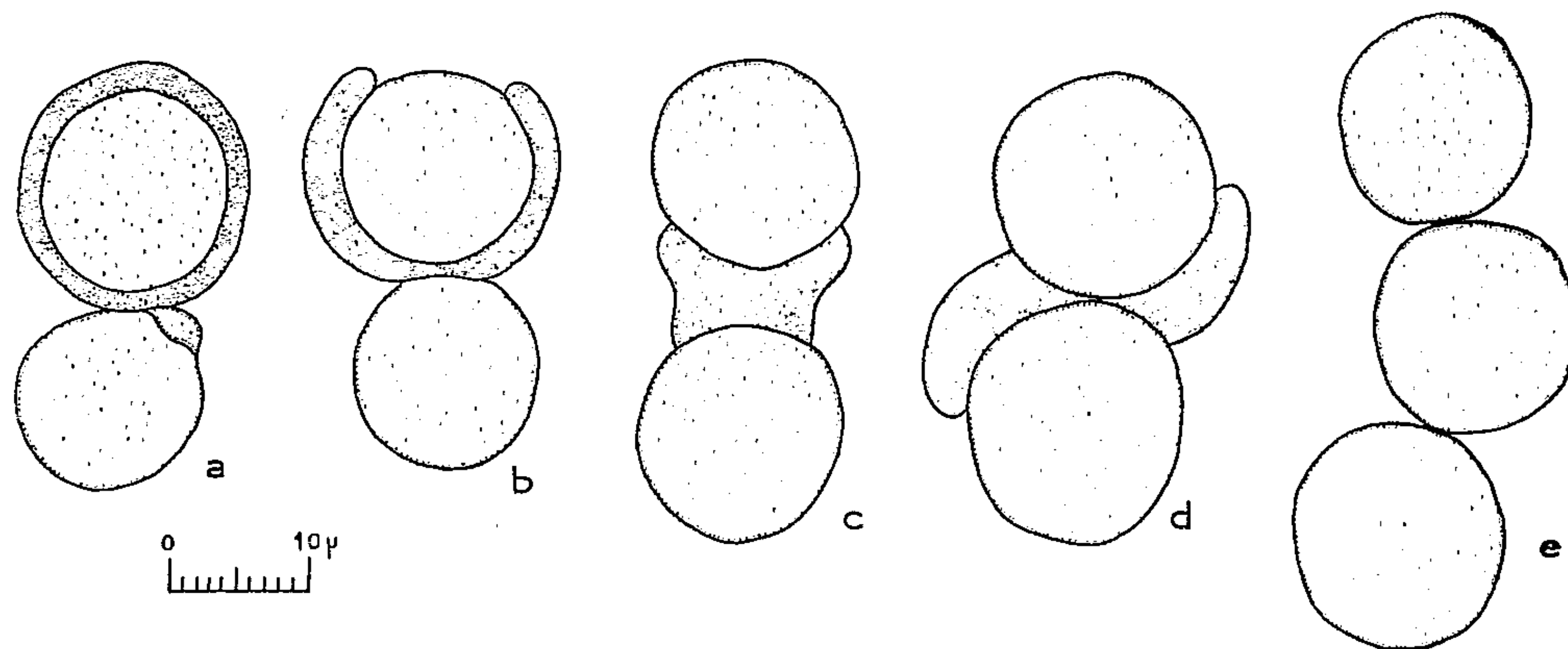


Fig. 1. — Deux chondriosomes vésiculisés se transforment en trois vésicules indépendantes pendant l'observation vitale. (Montage : Ringer).

La structure des vésicules se modifie bien plus lentement à 0° (*fig.* 2, *a* à *e*) qu'à 18°. Les changements s'accélèrent brusquement au début du réchauffement (*fig.* 2, *f* à *i*). L'oscillation de température déprime ou excite les altérations dues au prélèvement des coupes sans introduire de perturbations d'une autre nature.

Le chondriome des tissus qui ont séjourné longtemps à 0° avant d'être fixés comprend un peu plus d'éléments courts que les témoins avant toute expérience, mais les pommes mûres diffèrent peu, qu'elles soient conservées longuement à 18° ou à 0°. Au contraire, dans les fruits cueillis très jeunes et placés à 18° à l'humidité, des chondriosomes ramifiés s'édifient alors

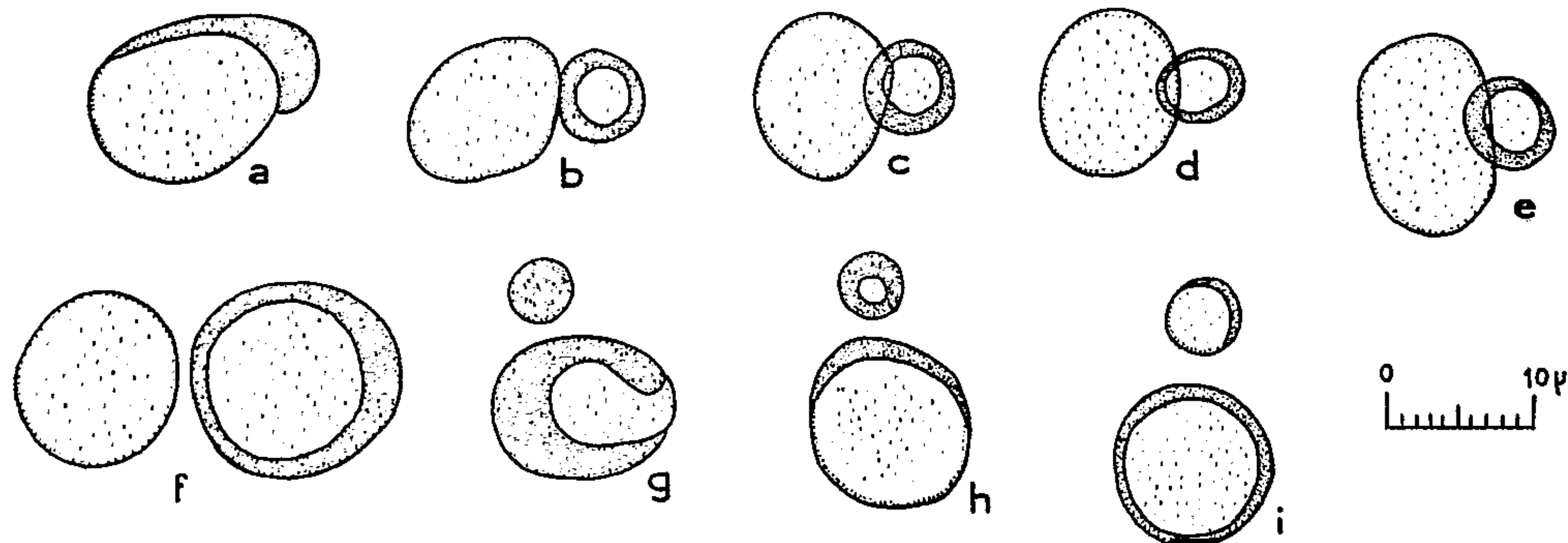


Fig. 2.— Deux vésicules mitochondriales indépendantes se constituent à partir d'un chondriosome initial altéré (*a* à *e* : 2 h à 0°; évolution rapide des deux vésicules au réchauffement (*f* à *i* : quelques minutes à 18°).

que de nombreux chondriosomes courts persistent à 0°. Les tissus du fruit mûr, sénescents, fortement chargés de tannins et de sucres, dont l'activité physiologique est ralentie, ne réagissent guère aux variations de température. Par contre, les cellules du fruit jeune en voie de croissance, dont les échanges actifs avec l'arbre viennent d'être supprimés y sont sensibles. Elles se rapprochent du parenchyme libérien d'Endive où se produisent des phénomènes analogues dans les mêmes conditions [1]. De même, un parallèle existe entre la pulpe de pomme mûre et les longues cellules différenciées de la racine d'Oignon, dont l'aspect évolue peu au froid et au réchauffement. Le changement de la réactivité de la cellule dépend de sa différenciation et traduit, d'après ces expériences, une modification des rapports entre eau et colloïdes cellulaires (mitochondriaux et cytoplasmiques). Dans les cellules très différenciées (pulpe de pomme) le cytoplasme et le chondriome perdent ou absorbent l'eau moins facilement que dans les autres cellules dont la différenciation est en cours.

Au réchauffement, le chondriome ne varie guère dans les fruits mûrs. Par contre, celui des pommes très jeunes évolue en quelques heures : des chondriocontes ramifiés remplacent les éléments courts. L'inhibition exercée par le froid est levée, et à nouveau s'oppose la stabilité du chondriome des cellules parvenues à mâturité et la sensibilité des cellules plus jeunes aux influences externes.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1132.

Nous n'avons pas pu obtenir que les cellules reviennent à leur aspect initial. Ce retour ne s'observe que dans les tissus qui peuvent croître et se multiplier. Or, on ne sait pas, actuellement, cultiver *in vitro* les tissus de pomme. Cependant, malgré leurs altérations, les cellules étudiées vivaient encore plusieurs jours après les changements de température.

En conclusion, les cellules dont la différenciation est achevée peuvent avoir comme des cellules plus jeunes un chondriome assez dispersé. Leur comportement est cependant différent si on les soumet à des variations thermiques. Les équilibres entre l'eau et les colloïdes du cytoplasme et du chondriome se montrent plus stables dans les cellules adultes que dans les cellules en cours de différenciation.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Hydrophyllacées. Développement de l'embryon chez l'*Ellisia nyctelea *L.* Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

L'*Ellisia nyctelea* se rattache au mégarchétype II et à la série B dans la première période de la classification embryogénique. Son embryogénie est comparable à celle de deux Boragacées, l'*Onosma nanum* et le *Cerinthe minor*, mais elle diffère totalement de celle des Hydrophyllacées précédemment étudiées, le *Phacelia tanacetifolia* et le *Nemophila insignis*.

L'embryogenèse des Hydrophyllacées nous est actuellement connue pour deux espèces, le *Phacelia tanacetifolia* Benth. (1) et le *Nemophila insignis* Benth. (2), qui se développent conformément aux types, l'un, de l'*Hyoscyamus niger*, l'autre, du *Chenopodium Bonus-Henricus* (3). Les Hydrophyllacées du genre *Ellisia* sont réputées très voisines de celles qui appartiennent au genre *Nemophila* et même Baillon (4) estime que les *Nemophila* font partie des *Ellisia*. C'est cependant à des lois encore nouvelles qu'obéit le développement de l'embryon chez l'*Ellisia nyctelea* L. qui fait l'objet de cette communication.

Dans cette espèce, la tétrade est filamenteuse et appartient à la catégorie B_2 (*fig.* 3 et 4). Dans le proembryon octocellulaire (*fig.* 9 et 10), l'étage qui provient de la cellule apicale comprend quatre quadrants disposés en tétraèdre. L'un d'eux occupe le sommet du proembryon et correspond à une épiphyse dont les limites demeurent distinctes aux différents stades de la séminogenèse; les trois autres assurent l'édification de la partie cotylée *s. stricto*, *pco*. La cellule intermédiaire *m*, de la tétrade, est à l'origine de la partie supérieure de l'hypocotyle ou tige hypocotylée; elle fournit d'abord deux éléments dans l'embryon octocellulaire (*fig.* 9 et 10), puis l'étage se maintient assez longtemps à l'état quadricellulaire

(1) P. Crété, *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 459.
(2) P. Crété, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 749.
(3) R. Souèges, *Embryogénie et classification* (3e fasc., partie spéciale : 1re *période du système*, Paris, 1948).
(4) H. Baillon, *Histoire des plantes*, 10, Paris, 1891.

(*fig.* 13, 14 et 16), avant que des cloisonnements longitudinaux isolent, à son niveau, le dermatogène (*fig.* 15, 17 et 18). La cellule inférieure *ci*, de la tétrade, se divise en deux éléments superposés, *n* et *n'* (*fig.* 5 à 10). La cellule *n* assure l'édification de la partie inférieure de l'hypocotyle, qui correspond au rudiment de la racine; elle prend une cloison verticale à l'époque où, en *m*, figurent quatre cellules (*fig.* 13, 14 et 16), puis l'étage devient et demeure longtemps quadricellulaire (*fig.* 17 à 21), avant qu'interviennent des cloisonnements, surtout verticaux au début (*fig.* 22 à 25), puis horizontaux. Les limites deviennent alors peu précises entre les étages superposés *m* et *n* (*fig.* 26).

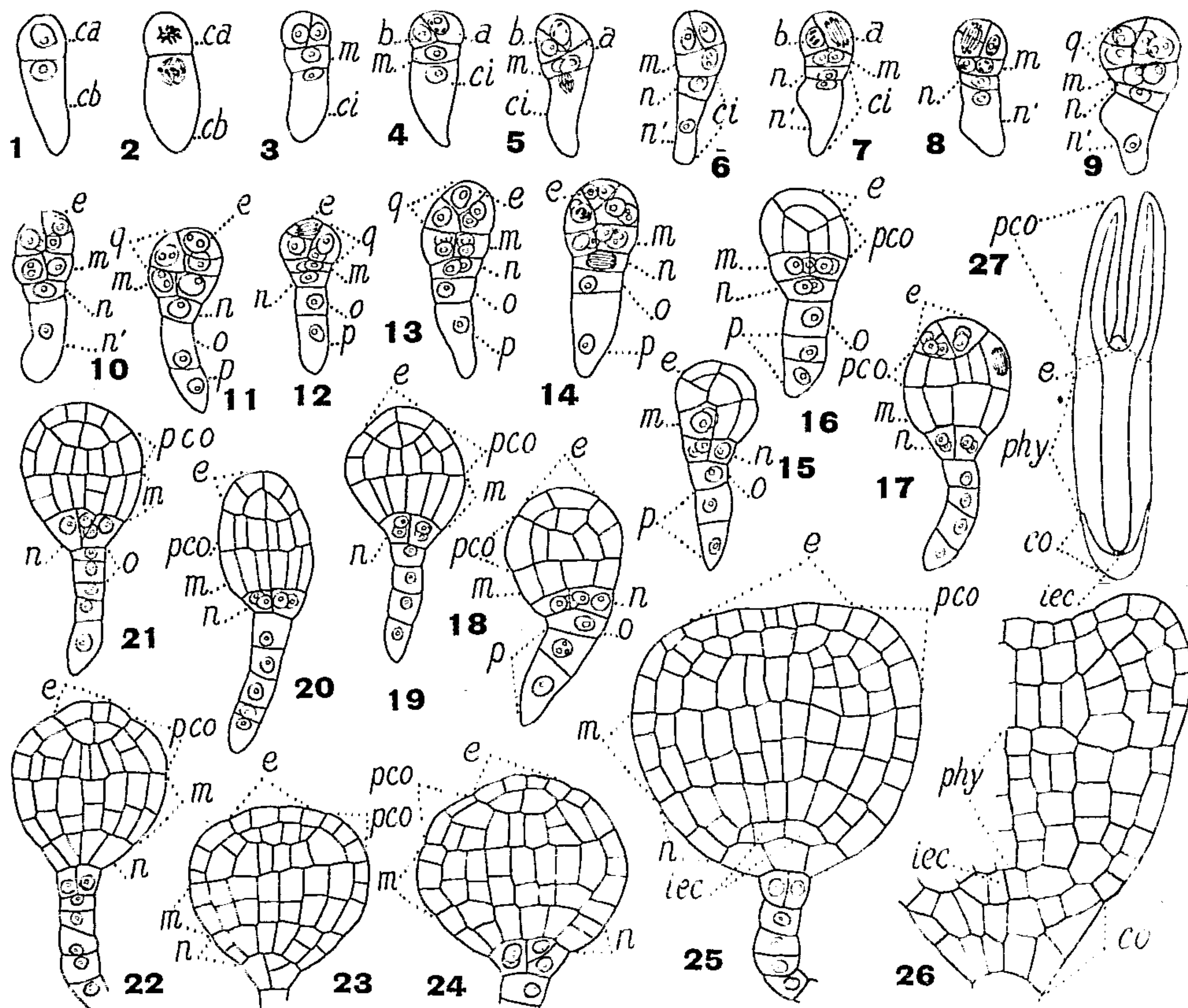


Fig. 1 à 27. — *Ellisia nyctelea* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon : *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicelullaire; *m*, cellule-fille supérieure de *cb* ou rudiment de la tige hypocotylée; *ci*, cellule-fil'e inférieure de *cb*; *a* et *b*, cellules-filles de *ca*; *q*, quadrants; *e*, epiphyse; *n*, cellu-fille supérieure de *ci*, ou rudiment de la racine; *n'*, cellule-fille inférieure de *ci*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *pco*, partie cotylée *sensu stricto*; *phy*, partie hypocotylée; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *co*, coiffe. En 27, schéma de l'embryon subadulte. Gr. = 290; 35 pour la figure 27.

La cellule *n'* du proembryon octocellulaire se divise transversalement en deux nouveaux éléments, *o* et *p*. La cellule *o*, elle-même, ou plus probablement, dans la généralité des cas, l'une de ses descendantes (*fig.* 21), s'agrandit notablement et prend une cloison longitudinale (*fig.* 22). Elle donne naissance à une hypophyse véritable, des parois obliques isolant, à un moment, au-dessus, les initiales de l'écorce au sommet radiculaire, *iec*, et, dessous, le primordium de la coiffe (*fig.* 23 à 27). La cellule *p* et les éléments provenant, hormis la cellule hypophysaire, de l'étage *o* sont à l'origine d'un suspenseur filamenteux.

Le mode de développement de l'embryon, chez l'*E. nyctelea*, est tout à fait identique à celui que R. Souèges a décrit chez deux Boragacées, le *Cerinthe minor* L. ([5]) et l'*Onosma nanum* DC. ([6]), chez lesquels cependant la cellule *o* et non l'une de ses descendantes fonctionne directement comme cellule hypophysaire. Cette similitude est de nature à confirmer les relations habituellement admises entre les deux familles. Mais, de même que les Boragacées ne présentent aucune homogénéité dans leurs caractères embryogéniques, de même les Hydrophyllacées sont faites, à ce point de vue, d'un assemblage de genres absolument hétérogènes. Le remaniement complet de ces familles s'impose et peut être mené à bien en s'adressant, non aux critères morphologiques habituellement invoqués, mais aux données de l'embryogénie qui permettent une plus claire définition de la position systématique des nouveaux groupements réalisés. L'entreprise demandera beaucoup de temps et d'efforts, mais dès maintenant se trouve en tout cas démontré le caractère purement artificiel de l'ordre des Polémoniales, qu'on le prenne dans un sens très restreint, réduit aux seules Polémoniacées, Boragacées et Hydrophyllacées, ou au contraire, dans sa plus grande acception, c'est-à-dire englobant un certain nombre d'autres familles et particulièrement celle des Solanacées.

BOTANIQUE. — *Sur l'obdiplostémonie*. Note de M. **Marius Chadefaud**, présentée par M. Roger Heim.

L'obdiplostémonie est la disposition par laquelle, dans une fleur de Dicotylédone, aux *n* pétales (P) font suite *n* étamines externes (E_1), non pas alternipétales, comme on l'attendrait d'après la règle d'alternance, mais épipétales, elles-mêmes suivies de *n* étamines internes (E_2) alternipétales.

Cette disposition s'observe chez de très nombreuses Dialypétales (Géraniales, etc.) et quelques Gamopétales, parmi les moins évoluées (Ericales, etc.). Elle présente un grand intérêt, non seulement à cause de sa fréquence, mais parce qu'elle semble caractériser, dans l'ensemble des Dialy- et Gamopétales, un niveau moyen de l'évolution, de telle sorte que, *grosso modo*, on pourrait presque classer ces plantes en Pré-obdiplostémones, Obdiplostémones et Post-obdiplostémones. Son interprétation a fait l'objet de trois hypothèses principales : 1° entre les P et les E_1, il y aurait un *cycle virtuel d'étamines alternipétales*, dont on a cru retrouver les traces vasculaires dans le réceptacle floral des Géraniacées et de quelques autres plantes ([1]); 2° les E_1 ne formeraient pas un cycle distinct de celui des P; chaque E_1 et le P correspondant seraient les

([5]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 200.
([6]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2164.

([1]) *Voir* V. Puri, *Botan. Review*, 17, 1951, p. 470 et suiv.

deux rames, l'une externe (P), l'autre interne (E_1) d'une pièce florale unique biramée, qu'on pourrait qualifier de *pétalostème* ([2]); les cycles seraient, non pas nP, nE_1 et nE_2, mais n pétalostèmes PE_1, suivis en alternance par nE_2; 3° les E_1, théoriquement alternipétales, comme le veut la règle d'alternance, seraient en fait épipétales par le jeu d'une *torsion du réceptacle*, localisée entre eux et les P.

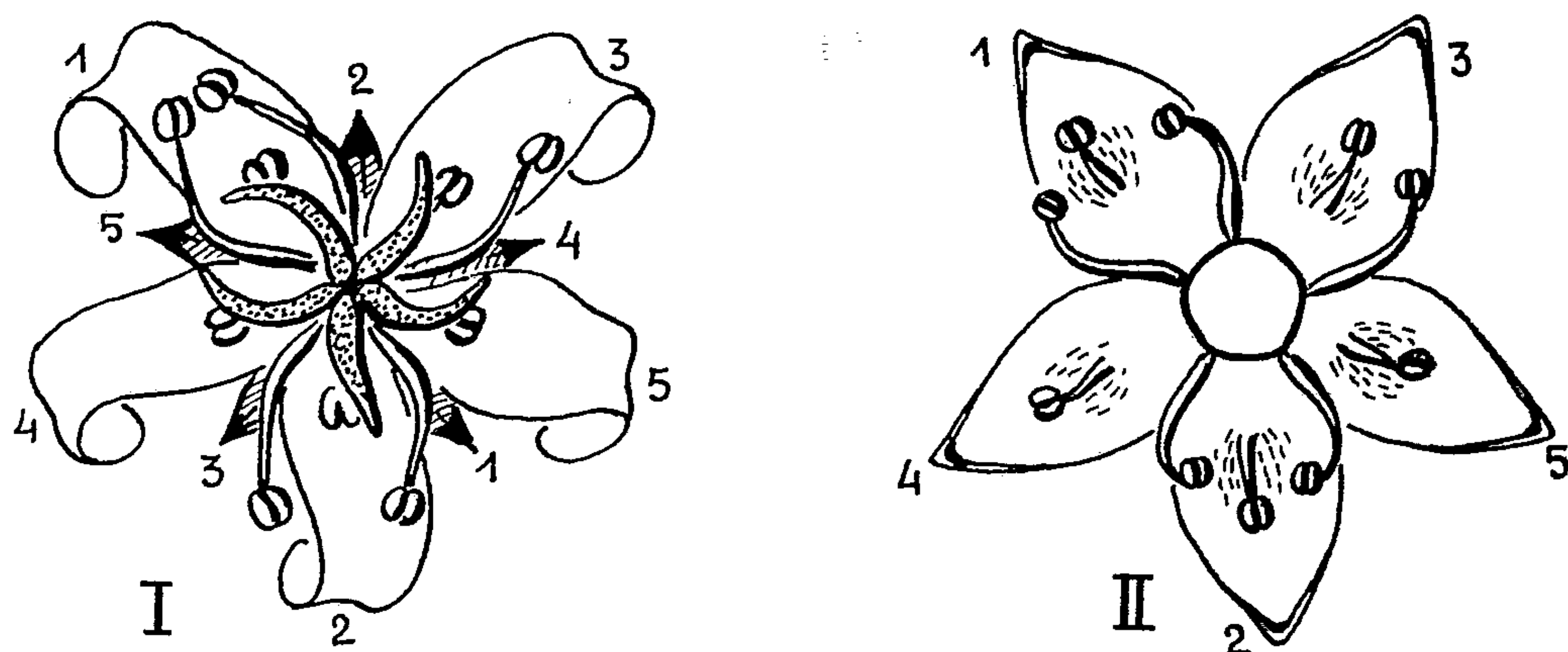


Fig. 1 et 2. — Fleurs obdiplostémones de *Manotes longiflora* (I) et d'*Heisteria parvifolia* (II). Sépales et pétalostèmes numérotés de 1 à 5 selon l'ordre quinconcial.

A ces trois hypothèses, j'ai récemment ([3]) ajouté la suggestion que l'obdiplostémonie pourrait s'expliquer en faisant appel à la notion d'*étamines triples*, c'est-à-dire de pièces florales tripartites, dont chaque partie constituerait une étamine. Depuis lors, au cours d'un séjour au laboratoire de l'Office des Recherches scientifiques et techniques d'Outre-Mer à Adiopodoumé (Côte d'Ivoire), étudiant les fleurs obdiplostémones de l'Olacacée *Heisteria parvifolia* et de la Connaracée *Manotes longiflora*, j'ai pu constater que cela ne suffit pas, et qu'on se trouve en réalité en présence de *pétalostèmes complexes*, composés chacun d'un pétale et d'une étamine triple, de sorte que chacun d'eux, s'il est complet, comprend : un élément central, qui est l'une des E_1, un élément externe, qui est l'un des P, et deux éléments latéro-internes, qui sont des E_2.

Ces pétalostèmes sont immédiatement reconnaissables, du fait que leurs E_2 sont incurvés vers l'E_1, lui-même adossé au P. On doit penser que chacun représente une pièce florale unique, car chez l'*Heisteria* à chacun d'eux correspond une unique trace vasculaire. Chez le *Manotes*, il y en a au contraire trois, celles des E_2 étant distinctes de celle commune à P et E_1, mais cela ne contredit pas l'affirmation précédente ; on se trouve en présence de pétalostèmes à

([2]) Le mot est de P. Vuillemin, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 558.
([3]) *Voir* M. Chadefaud, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 101, 1954, p. 216-222.

trois traces, comparables en cela aux feuilles végétatives les plus typiques, qui ont trois traces également ([4]).

Cela dit, dans ces fleurs, après le calice formé de cinq sépales (S) en ordre quinconcial, on trouve un système corolle-androcée formé de cinq pétalostèmes complexes, qui alternent avec les S, et sont également en ordre quinconcial. Tout comme les sépales de la Rose (*quinque summus fratres...*) qui ne sont pas tous également complets (deux portent des folioles des deux côtés; le troisième n'en a que d'un seul côté, celui qui est en amont sur la spire 2/5; les deux derniers en sont dépourvus), ces cinq pétalostèmes ne sont pas tous également pourvus de E_2 : les deux premiers (selon l'ordre quinconcial) en possèdent deux; le troisième n'en a qu'un seul, du côté amont; les deux derniers en sont démunis. De sorte qu'au total il n'y a que $5E_2$, alternant avec les $5E_1$ plus externes, qui sont eux-mêmes superposés aux P.

D'après cela, et si du moins on ne pousse pas plus avant l'analyse, la formule florale d'une partie au moins des fleur obdiplostémones paraît pouvoir s'écrire : 1° s'il s'agit de fleurs *pentamères* : $5S+5$ pétalostèmes de composition fondamentale $E_2 - PE_1 - E_2 +$ les C (avec un pétalostème pourvus d'une E_2 seulement, et deux autres sans E_2); 2° s'il s'agit de fleurs *tétramères*, prolablement : $4S+4$ pétalostèmes également de composition fondamentale $E_2 - PE_1 - E_2 +$ les C (avec deux des pétalostèmes, diamétralement opposés, sans E_2).

MYCOLOGIE. — *Facteurs vitaminiques de croissance des* Candida. Note de M. **Édouard Drouhet** et M[lle] **Monique Couteau**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

66 souches de *Candida* d'origine humaine sur 69 étudiées exigent la biotine comme facteur de croissance. Les souches de l'espèce *C. pseudotropicalis* exigent en plus de la biotine, l'acide nicotinique. Dans le groupe *C. krusei*, certaines souches exigent en plus de la biotine, la thiamine, la pyridoxine et l'acide nicotinique.

Les besoins en facteurs de croissance vitaminiques de différentes souches de collection de *Candida* ont été étudiés par W. H. Schopfer ([1]), P. R. Burkholder ([2]), ([3]) et M. Rogosa ([4]). Ces études ont montré pour certaines

---

([4]) On peut cependant se demander si le pétalostème, qui fait figure de pièce unique chez les espèces considérées, ne dérive pas de deux ou plusieurs pièces, primitivement distinctes, et secondairement condensées en une seule au cours de l'évolution (?) *Cf.* A. Arber, *Ann. Bot.*, 3, 1939, p. 337.

([1]) *C. R. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève*, 61, 1944, p. 232.

([2]) *Amer. J. Bot.*, 30, 1943, p. 206.

([3]) P. R. Burkholder, I. Mc Veigh et D. Moyer, *J. Bact.*, 48, 1944, p. 385.

([4]) *J. Bact.*, 46, 1943, p. 435.

espèces des besoins en différentes vitamines du complexe B, particulièrement la biotine et la thiamine.

Nous avons repris l'étude des exigences vitaminiques des *Candida* en nous adressant à de nombreuses souches de la même espèce, mais isolées uniquement de prélèvements pathologiques humains. La fréquence des infections à *Candida* (*Monilia*) a augmenté considérablement depuis l'emploi prolongé de hautes doses d'antibiotiques à large spectre et certains auteurs ([5]) ont invoqué une relation entre les antibiotiques, les carences vitaminiques et le développement *in vivo* des *Candida*. Une étude des besoins vitaminiques des souches isolées dans les cas de mycoses à *Candida*, survenant après antibiothérapie, comparativement avec l'étude des souches de collection s'imposait. D'autre part, il est intéressant d'établir s'il y a ou non une relation entre les besoins en vitamines des *Candida* et leur position systématique.

Les 69 souches étudiées ont été déterminées dans le service de Mycologie de l'Institut Pasteur, selon les caractères morphologiques, physiologiques et biologiques à l'aide des techniques que nous avons décrites récemment ([6]).

L'étude des besoins vitaminiques est faite sur le milieu de base suivant : glucose traité par le charbon activé, 20 g; asparagine synthétique, 1 g; gélose lavée, 20 g; solution d'oligoéléments de Berthelot, X gouttes; phosphate monopotassique, 1,50 g; sulfate de magnésium, 0,25 g; eau distillée dans le Pyrex, 1000 g. Ce milieu constitue le « milieu minimum ». Les « milieux maximum » sont le « milieu minimum » additionné des différentes vitamines suivantes : biotine 10^{-9}, thiamine 10^{-6}, acide nicotinique 10^{-6}, inositol 10^{-5}, pyridoxine 10^{-6}, pantothénate de calcium 10^{-6}; les autres milieux sont le « milieu minimum » auquel on ajoute toutes les vitamines moins celles dont on désire étudier l'action. Dans de nombreux cas, des vérifications ont été faites en remplaçant l'asparagine par l'hydrolysat de caséine : 10 g %. La croissance des *Candida* est évaluée après 48 h à l'étuve à 30°.

Le tableau ci-après résume les résultats obtenus.

A l'exception de 3 souches du groupe *C. krusei*, toutes les souches de *Candida* sont auxohétérotrophes et exigent la biotine comme facteur de croissance. Les besoins vitaminiques sont les mêmes, qu'il s'agisse de souches d'isolement récent ou de souches de collection entretenues régulièrement sur le milieu de Sabouraud depuis plus de dix ans. Des espèces telles que *C. albicans* (32 souches récemment isolées et 3 souches de collection), *C. tropicalis* (10 souches dont 3 de collection) n'exigent que la

---

([5]) T. F. Paine, *Antibiotics and chemotherapy*, 12, 1952, p. 653.

([6]) E. Drouhet et M. Couteau, *Ann. Inst. Pasteur*, 86, 1954, p. 602.

biotine pour leur croissance en milieu synthétique; d'autres espèces (*C. pseudotropicalis*, *Candida* du groupe *krusei*) ont des exigences multiples.

Souches.	Nombre de souches.	Facteurs essentiels de croissance.	Facteurs stimulant la croissance.
C. albicans	35	biotine	–
C. tropicalis	10	»	–
C. pelliculosa	2	»	–
C. guillermondi	1	»	–
C. pseudo-tropicalis	6	biotine, acide nicotinique	–
	1	biotine, acide nicotinique, thiamine (thiazole), pyridoxine	–
	2	biotine, acide nicotinique	acide panthoténique
	1	» »	pyridoxine
C. groupe *krusei*	2	biotine, acide nicotinique, thiamine (pyrimidine + thiazole), pyridoxine	–
	4	biotine, thiamine (pyrimidine + thiazole), pyridoxine	–
	2	biotine	–
	3	0	–

C. pseudotropicalis qui exige constamment l'acide nicotinique en plus de la biotine, constitue une espèce particulièrement intéressante; certaines souches de cette espèce exigent, de plus, la thiamine et la pyridoxine et sont stimulées par l'acide pantothénique et la pyridoxine. Nous avons pu vérifier au cours de cette étude, la remarque de Rogosa qui signale le fait que les levures qui fermentent le lactose exigent l'acide nicotinique. En effet, par définition, les souches de *C. pseudotropicalis* étudiées fermentent le lactose; et nous avons constaté la même perte de pouvoir de synthétiser l'acide nicotinique chez trois autres levures fermentant le lactose, appartenant à l'espèce *Saccharomyces lactis*. L'indole, l'acide anthranilique, le tryptophane, la cynurénine, l'acide 3-hydroxyanthranilique ne peuvent remplacer l'acide nicotinique.

Dans le groupe *krusei*, nous avons réuni des *Candida* qui répondent aux mêmes caractères de fermentation (glucose +) mais qui diffèrent par leurs caractères auxanographiques; il comprend des espèces voisines de *C. krusei* ou *C. parakrusei*. Certains caractères physiologiques de plusieurs de ces souches se sont montrés instables et ne nous ont pas permis de les classer définitivement, cependant leurs besoins vitaminiques sont constants; ces besoins sont multiples et incluent en plus de la biotine, la thiamine, la pyridoxine et l'acide nicotinique. Une étude plus approfondie des caractères physiologiques de ces souches en relation avec la perte du pouvoir de synthétiser des vitamines nous permettra de préciser leur position systématique.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence de pinitol chez les Caryophyllacées et quelques plantes de familles voisines.* Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

A ma connaissance, l'inositol et ses éthers méthyliques n'ont jamais été signalés chez les Caryophyllacées. Or, en épuisant par l'acétone une poudre sèche de *Lychnis dioica*, j'ai obtenu une cristallisation de pinitol (méthyl-*d*-inositol). Il était donc intéressant de rechercher ce cyclitol chez d'autres Caryophyllacées puis chez des plantes voisines afin de connaître sa répartition dans ce groupe botanique.

Le matériel d'étude a été récolté du début d'août à la fin d'octobre; les organes examinés sont les tiges feuillées. Les méthodes d'extraction et d'identification, déjà décrites, restent les mêmes (1).

Les recherches ont porté sur les 45 Caryophyllacées suivantes (genres classés selon Engler) :

1° Paronychioideæ : *Paronychia argentea* Lam.; *Herniaria glabra* L.; *H. hirsuta* L.; *Spergula arvensis* L.; *Telephium Imperati* L.

2° Alsinoideæ : *Stellaria media* Vill.; *Cerastium alpinum* L.; *C. aquaticum* L.; *C. arvense* L.; *C. grandiflorum* Waldst. et Kit.; *C. tomentosum* L.; *Sagina subulata* Wimm.; *Minuartia capillacea* Graebn.; *M. pinifolia* Graebn.; *Arenaria graminifolia* Schrad.; *A. montana* L.; *A. purpurascens* Ramond; *Moehringia muscosa* L.

3° Silenoideæ : *Silene caucasica* Boiss.; *S. Cucubalus* Wibel; *S. italica* Pers.; *S. mellifera* Boiss. et Reut.; *S. nutans* L.; *S. Schafta* Gmel.; *Lychnis chalcedonica* L.; *L. coronaria* Desr.; *L. dioica* L.; *L. Githago* Scop. (*Agrostemma* G. L.); *L. grandiflora* Jacq.; *L. sylvestris* Hoppe; *L. Viscaria* L.; *Gypsophila paniculata* L.; *G. repens* L.; *Tunica Saxifraga* Scop.; *Dianthus Boissieri* Willk.; *D. cæsius* Sm.; *D. Carthusianorum* L.; *D. Caryophyllus* L.; *D. deltoides* L.; *D. glutinosus* Boiss. et Heldr.; *D. monspessulanus* L.; *D. plumarius* L.; *D. spiculifolius* Schur; *Saponaria ocymoides* L.; *S. officinalis* L.

Le pinitol a été isolé à l'état pur de toutes ces espèces, à l'exception de *Stellaria media* et *Silene Schafta* pour lesquelles plusieurs essais ont été négatifs. Il apparaît donc comme un élément constant du chimisme des Caryophyllacées, prouvant une homogénéité biochimique dans cette famille très homogène par ses caractères morphologiques; il établit une liaison entre les trois sous-familles et en particulier entre les Paronychiées (apétales) et Caryophyllées (dialypétales) que beaucoup d'auteurs considèrent comme familles distinctes.

---

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1842; 227, 1948, p. 85; 228, 1949, p. 859.

Les rendements en pinitol sont très variables suivant les espèces : *Dianthus Carthusianorum* 1 g brut pour 100 g sec, *Gypsophila repens* 0,80, feuilles de *Silene nutans* et de *Saponaria officinalis* 0,70; la plupart des autres espèces 0,70 à 0,10; *Herniaria hirsuta*, *Sagina subulata*, *Dianthus deltoides* ont été les plus pauvres. Les rendements dépendent d'ailleurs du stade de végétation et de la richesse du matériel d'étude en feuilles car celles-ci sont souvent plus riches que les tiges. Isolé des tiges vertes de *Lychnis chalcedonica*, le pinitol n'a pas été obtenu avec celles de *Saponaria officinalis*.

Les mêmes recherches ont été effectuées sur 27 plantes appartenant à des familles voisines :

1° *Familles rangées avec les Caryophyllacées dans le groupe des Centrospermées (Engler) :*

Chénopodiacées : *Beta vulgaris* L.; *Chenopodium Bonus-Henricus* L.; *C. polyspermum* L.; *Atriplex hastata* L.; *Spinacia oleracea* L.; *Salsola Kali* L. — Amaranthacées : *Amaranthus caudatus* L.; *A. viridis* L.; *Achyranthes argentea* Lam.; *Alternanthera paronychioides* Hort.; *Iresine Herbstii* Hook. — Nyctaginacées : *Mirabilis Jalapa* L.; *M. longiflora* L.; *Bougainvillea glabra* Choisy — Phytolaccacées : *Phytolacca americana* L. — Aizoacées : *Mesembryanthemum crassifolium* L.; *Mollugo nudicaulis* Lam.; *Tetragonia expansa* Murr. — Portulacacées : *Portulaca oleracea* L.

2° *Familles apparentées aux Caryophyllacées mais rangées dans le groupe des Géraniales :*

Oxalidacées : *Oxalis acetosella* L. — Géraniacées : *Geranium sanguineum* L.; *Erodium trichomanefolium* l'Hérit.; *Pelargonium capitatum* Soland — Tropaeolacées : *Tropæolum majus* L. — Linacées : *Linum perenne* L. — Zygophyllacées : *Zygophyllum Fabago* L.; *Peganum Harmala* L.

Le pinitol a seulement été isolé de six espèces : *Mirabilis Jalapa*, *M. longiflora*, *Bougainvillea glabra* (tiges, feuilles), *Phytolacca americana*, *Tetragonia expansa*, *Zygophyllum Fabago* (rendements 0,05 à 0,30). Il n'appartient donc pas exclusivement aux Caryophyllacées, mais il est moins répandu dans les familles voisines. Il n'atteint pas les Chénopodiacées, Amaranthacées et Géraniacées.

Découvert dans cinq nouvelles familles (Caryophyllacées, Nyctaginacées, Phytolaccacées, Aizoacées, Zygophyllacées), le pinitol apparaît maintenant comme une substance très répandue chez les végétaux.

Des produits cristallisés, minéraux et organiques, ont été observés dans beaucoup d'extraits acétoniques : ils ont parfois gêné l'extraction du pinitol (certains *Dianthus*, Nyctaginacées). Le saccharose a été isolé à l'état pur d'*Herniaria glabra*, *Arenaria purpurascens*, *Mœhringia muscosa*, des deux *Saponaria*, *Amaranthus caudatus*, *Achyranthes argentea*, *Geranium*

sanguineum, *Linum perenne*. De belles cristallisations de carotène ont surtout été remarquées chez les Chénopodiacées, les *Saponaria*, *Linum perenne*.

En résumé, le pinitol est très largement répandu chez les Caryophyllacées où il a été isolé de 43 espèces (sur 45 examinées). Plus rare dans les familles voisines, il a été extrait de trois Nyctaginacées, une Phytolaccacée, une Aizoacée, une Zygophyllacée (sur 27 examinées).

PHYSIOLOGIE. — *Variations nycthémérale, saisonnière et géographique de l'élimination urinaire du potassium et de l'eau chez l'Homme adulte sain*. Note de MM. **Jean Ghata** et **Alain Reinberg**, présentée par M. Robert Courrier.

Un rythme nycthéméral d'excrétion urinaire de nombreuses substances et en particulier des électrolytes et des hormones stéroïdes a été décrit (1), (2). Nous avons nous même été amenés à étudier les variations nycthémérales de la réabsorption tubulaire rénale de certains ions, en vue de différencier ce qui n'était que variation physiologique, de ce qui relevait d'un dysfonctionnement pathologique (3), (4).

Récemment des dosages de corticostéroïdes dans le sang circulant ont montré l'existence d'une variation nycthémérale du fonctionnement du cortex surrénal (5).

Ainsi ces fluctuations rythmiques, qui peuvent s'étendre à l'ensemble des fonctions, et que l'on attribuait depuis longtemps à une activité rythmique de l'hypophyse considérée comme « l'horloge du métabolisme », semble, au moins pour une part impliquer, en échelon intermédiaire, un rythme similaire dans la sécrétion du cortex surrénal.

Nous avons été amenés à étudier chez le sujet normal : les variations nycthémérales de l'élimination du potassium et de l'eau :

1° Dans la journée, durant une époque déterminée de l'année.

2° A plusieurs époques de l'année, sur plusieurs années.

3° En des pays différents, pour une époque déterminée de l'année.

Le tableau représente l'ensemble des résultats obtenus.

---

(1) N. Kleitman, *Physiological Reviews*, 29, 1949, p. 1.

(2) G. Pincus, *J. Clin. Endocrinol.*, 3, 1943, p. 195.

(3) E. Azerad, H. Lestradet, A. Reinberg et J. Ghata, *Ann. de Méd.*, 54, 1953, p. 431.

(4) J. Ghata, Thèse Doctorat en Médecine, Paris, 1954.

(5) F. H. Tyler, C. Migeon, A. A. Florentin et L. T. Samuels, *J. Clin. Endocrinol. et Métabol.*, 14, 1954, p. 7.

Date et lieu.	n.	Excrétion totale des 24 h (cm³).	Moyenne des excrétions par périodes de quatre heures, exprimées en pour cent de l'excrétion totale. — Horaires des collectes. 8-12 h.	12-16 h.	16-20 h.	20-0 h.	0-4 h.	4-8 h.
			Diurèse.					
Sept.-oct. 1952, Paris........	7	1 370	21,3	22,3	12,5	15,3	15,7	12,6
			± 3,2	±10,0	± 3,7	± 3,8	± 8,7	± 6,0
Mars-avril 1454, Paris.......	6	1 077	16,3	18,1	20,1	18,5	14,0	12,6
			± 3,7	± 5,3	± 3,8	± 2,0	± 2,4	± 2,3
Sept.-oct. 1954, Paris........	8	1 100	16,0	18,2	17,9	14,4	15,0	18,7
			± 6,2	±10,7	± 3,8	± 3,8	± 2,6	± 5,7
Sept.-oct. 1953, Copenhague.	7	1 335	17,6	20,0	18,6	12,7	16,5	14,5
			±10,6	± 7,9	± 9,1	± 3,4	± 7,2	± 6,8
			Potassium.					
		(m Eq).						
Sept.-oct. 1952, Paris........	7	68,4	28,5	20,1	15,4	11,4	8,7	15,6
		± 4,0	± 5,2	± 6,0	± 3,9	± 2,7	± 2,5	± 3,9
Mars-avril 1954, Paris.......	6	90,3	19,4	22,2	25,6	14,6	8,6	9,2
		±20,0	± 1,6	± 5,0	± 5,3	± 5,0	± 3,6	± 2,3
Sept.-oct. 1954, Paris........	8	74,0	22,8	21,6	18,1	13,0	10,7	14,9
		±18,4	± 8,9	± 6,0	± 7,1	± 1,4	± 5,3	± 4,0
Sept.-oct. 1953, Copenhague.	7	64,8	23,7	27,7	13,6	11,6	8,6	14,4
		± 8,0	± 6,7	± 5,6	± 3,2	± 1,8	± 2,1	± 3,5

n, nombre de sujets étudiés. Chaque moyenne est accompagnée de son erreur standard : $\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(x-m)^2}{n}}$.

Il en ressort :

1° Une variation nycthémérale, très nette de l'élimination de l'ion potassium, et, moins prononcée, de la diurèse aqueuse.

2° Des rythmes différents d'élimination de l'ion potassium et de l'eau suivant la saison. Le maximum d'excrétion apparaît régulièrement à des moments différents du nycthémère. Ce fait relève probablement des facteurs externes. (Durée de la journée, degré d'humidité, température, etc.).

3° Pour une même époque déterminée de l'année, le rythme est différent suivant les pays; probablement en raison de facteurs climatiques différents.

Ces faits nous semblent avoir quelque importance pour l'estimation des fonctions de l'organisme.

Notamment, une épreuve fonctionnelle limitée dans le nycthémère peut amener à considérer comme pathologique une variation physiologique. Une appréciation beaucoup plus valable sera obtenue soit par une étude détaillée des différents moments du nycthémère, soit plus simplement par une étude globale intéressant les 24 h.

De même, dans l'appréciation de l'activité d'une substance sur l'excrétion de l'eau et des éléments minéraux par exemple, il sera bon de faire la part des

variations physiologiques qui peuvent masquer ou au contraire accentuer les effets de la substance considérée.

Nous sommes amenés à penser que l'établissement de références devrait être fait pour chaque pays, et pour chaque période déterminée de l'année.

Enfin, ce que nous savons des relations entre le métabolisme du potassium et le fonctionnement du cortex surrénal, nous autorise à penser que cette endocrine connaît chez l'Homme adulte sain un rythme nycthéméral tel que sa sécrétion augmente durant le jour, et un rythme saisonnier, caractérisé par l'accroissement de sa sécrétion au printemps; ce dernier fait étant observé pour de nombreuses espèces animales.

NEUROPHYSIOLOGIE. — *Mise en évidence d'un potentiel de jonction par dérivation intra-cellulaire dans une électroplaque de l'organe de Sachs du Gymnote*. Note de Mme **Denise Albe-Fessard** et M. **Carlos Chagas**, présentée par M. Robert Courrier.

La comparaison du décours des réponses unitaires d'une électroplaque provoquées par voie nerveuse ou directe semble imposer une distinction entre pré-potentiel et réponse locale; le premier de ces deux événements, observable seulement lorsque la stimulation emprunte la voie nerveuse, paraît représenter un potentiel de jonction au niveau d'une région innervée de la plaque.

L'analyse du mécanisme périphérique du déclenchement de la décharge dans l'organe électrique du Gymnote a comporté les étapes suivantes :

1° Mise en évidence d'une excitabilité directionnelle à courte latence (Albe-Fessard, Chagas, Couceiro, Fessard) (1) par un courant stimulant hétérodrome, allant dans l'électroplaque de la face non nerveuse vers la face innervée.

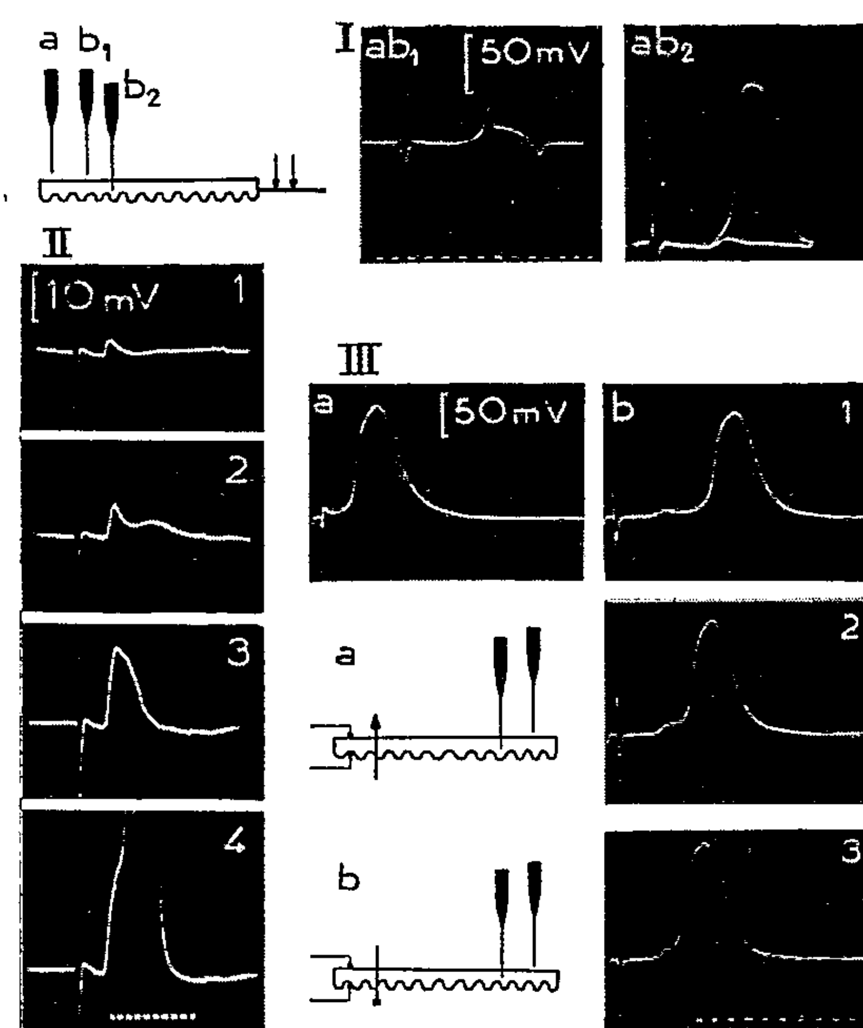
2° Interprétation de cette excitabilité comme correspondant à la mise en jeu directe du tissu électrogène; les courants homodromes stimulent aussi le tissu, mais ne peuvent le faire qu'en empruntant la voie nerveuse [Albe-Fessard, Chagas, Martins-Ferreira (2)].

3° Comparaison à l'échelle cellulaire des deux réponses, directe et d'origine nerveuse. Grâce à une réception par microélectrodes (dérivation extra/intra-cellulaire) Keynes et Martins-Ferreira (3), usant du procédé décrit par les auteurs précédents (2) (courants stimulants, soit hétérodromes, soit homodromes), ne trouvent pas de différence dans les formes des réponses obtenues. Une réponse locale annonce le potentiel d'action « tout ou rien », mais comme cet accident apparaît aussi bien en stimulation directe qu'indirecte, ces auteurs

(1) *An. Acad. Bras. Ciencias*, **19**, 1947, p. 371.
(2) *An. Acad. Bras. Ciencias*, **23**, 1951, p. 327.
(3) *J. Physiol.* London, **119**, 1953, p. 315-351.

ne peuvent le considérer comme un potentiel de jonction. L'existence même d'un tel potentiel restait donc un problème posé [A. Fessard ([4])].

4° Travaux de Altamirano, Coates, Grundfest et Nachmansohn ([5]), consacrés principalement à l'étude de la sommation temporelle en stimulation nerveuse, et utilisant cette fois une préparation nerf-organe; ces auteurs révélèrent l'existence d'un pré-potentiel, observable également dans les tracés de Albe-Fessard et Chagas ([6]); mais les résultats de ces deux groupes d'auteurs ne permettent pas de définir clairement la nature de ce pré-potentiel, tantôt assimilé à un potentiel synaptique, tantôt à une réponse locale. Le fait que les auteurs américains ([5]), ([7]) signalent obtenir un pré-potentiel par stimulation directe de plaques innervées ou dénervées, semble incompatible avec l'idée d'une origine synaptique de cet événement.



Activités recueillies dans une plaque d'organe de Sachs. Dérivation par deux microélectrodes; I et II, Stimulation d'un tronc nerveux. Schéma de disposition des électrodes; I, En ab_1, les microélectrodes a et b_1 sont au voisinage d'une même électroplaque; en ab_2, l'électrode exploratrice a pénétré dans cette électroplaque par sa face nerveuse (les réponses à deux stimuli successifs, juxta-sous-liminaire puis supra-maximal, sont superposées); II, Électrodes disposées comme a et b_2. La réponse, limitée en 1 à un pré-potentiel, est facilitée en 2, 3 et 4 par un choc conditionnant préalable non efficace et croissant (non visible sur le tracé); III, Stimulation appliquée directement à une extrémité de l'électroplaque; sur le schéma, les flèches indiquent le sens du courant stimulant : a, courant hétérodrome juxta-liminaire, réponse directe, latence due à la conduction intra-plaque; b, courant homodrome, 1, juxtaliminaire, 2 et 3 intensités croissantes. Déflexions vers le haut : positivation de l'électrode intracellulaire. Temps en millisecondes.

([4]) *Proc. Royal. Society*, B, 140, 1952, p. 186.

([5]) *J. Gen. Physiol.*, 37, 1953, p. 91-110.

([6]) *J. Physiol.* Paris, 46, 1954, p. 823-840.

([7]) Résumés des Communications, *XIXe Congrès international de Physiologie*, Montréal, 1953, p. 158

Il nous a donc paru utile d'examiner à nouveau les réponses d'une plaque en dérivation extra/intra-cellulaire. Dans une portion d'un seul prisme d'organe de Sachs (4 ou 5 plaques) deux microélectrodes sont placées près de l'extrémité distale des plaques, l'une au contact de la face nerveuse d'une électroplaque, l'autre à l'intérieur de cette même plaque. L'amplification directe permet d'enregistrer, outre le potentiel d'action, le potentiel de repos.

La stimulation est portée soit sur un nerf (*fig.* I et II), soit directement sur la portion d'organe (III). Dans ces deux cas, on met en évidence, outre la réponse locale proprement dite, et uniquement lorsque l'excitation emprunte la voie nerveuse, un potentiel graduable, qui, lorsqu'il atteint quelques millivolts, est suivi d'une réponse, d'abord locale (II, 2-3), puis par « tout ou rien » (I, ab_2 ; II, 4). Ce pré-potentiel est toujours observé dans le cas où la stimulation est portée sur un tronc nerveux, mais il n'est décelé que dans un peu plus de la moitié des cas lorsqu'un stimulus homodrome est appliqué directement (III, *b*). Il n'a jamais été observé dans le cas d'un stimulus exclusivement direct (courant hétérodrome faible, III, *a*).

PHYSIOLOGIE COMPARÉE. — *Pouvoir thyréotrope comparé des hypophyses de quelques vertébrés.* Note de M. **Yves-Alain Fontaine**, présentée par M. Paul Portier.

L'étude comparée du pouvoir thyréotrope des hypophyses de quelques vertébrés a été effectuée sur la Souris par une technique radiobiologique. Les hypophyses de deux Mammifères et d'un Batracien agissent de façon analogue, comme une hormone thyréotrope (T. S. H.) purifiée, et leurs activités sont comparées. Le pouvoir thyréotrope des hypophyses d'un Oiseau et d'un Téléostéen est faible.

Ce pouvoir thyréotrope a été déterminé sur les extraits bruts d'hypophyses de quelques Vertébrés par la technique de Querido [1] légèrement modifiée. Cette technique utilise la captation thyroïdienne, en 24 h, de ^{131}I par des souris femelles nourries d'un régime riche en caséine iodée. La méthode employée ici se distingue essentiellement de celle de Querido par le moment de la mise au régime des animaux (dès le sevrage) et la teneur en caséine iodée de ce régime (100 mg/kg). Elle nous a permis d'obtenir une réponse significative avec 0,05 unité Junkmann-Schœller (U. J. S.) de T. S. H. (environ 6 μg de la T. S. H. Organon utilisée comme standard).

Les hypophyses, aussitôt prélevées, sont placées dans de l'acétone froide, puis, après déshydratation, lyophilisées ou simplement conservées sous vide au frigidaire. Au moment de l'emploi, elles sont extraites par une solution à 8 g de NaCl par litre.

(1) A. Querido, A. A. H. Kassenaar et L. D. F. Lameyer. *Acta endocrinologica*, 12, 1953, p. 335-340.

Pour chaque espèce, nous avons cherché à déterminer la forme de la courbe dose-réponse, en injectant des doses croissantes d'hypophyse ; pour chaque dose, cinq ou six souris sont utilisées. L'analyse statistique détaillée des résultats obtenus sera donnée dans un Mémoire ultérieur.

Par l'allure de la courbe obtenue, les espèces étudiées se classent nettement en deux groupes.

1. *Rat blanc* (*race Wistar*), *Bœuf*, *Grenouille* (*Rana temporaria*). — Les courbes correspondant aux différents extraits hypophysaires et à la T. S. H. Organon [2] sont statistiquement parallèles entre elles, du moins dans un certain intervalle de doses.

Voici, brièvement résumés, les résultats de l'analyse statistique de ces résultats :

Si $X = \log$ (dose exprimée en microgrammes de produit sec).

$Y =$ captation de ^{131}I, en pour 100 de la dose injectée, il existe pour chaque extrait une régression significative et linéaire de la forme $Y = a + bX + Sr$, valable dans un large intervalle, où b est la pente de la courbe et Sr l'écart type de la régression. Ces différentes régressions peuvent être considérées comme parallèles (analyse de covariance, test de parallélisme : $F = 1,807$, $n_1 = 5$, $n_2 = 122$, $P > 0,10$), ce qui permet de calculer l'activité thyréotrope des différents extraits par rapport au standard : R est le rapport d'activité, R′ et R″ sont les limites fiduciaires de R correspondant à $p = 0,95$.

Ces différents paramètres ont les valeurs suivantes :

Extrait.	a.	b	Sr.	R.	R′ — R″.
T. S. H. Organon.............	— 4,66	7,21	1,71	1	
Hypophyses de Rat...........	— 10,38	10,13	3,38	0,911	0,578 — 1,433
» de Bœuf..........	— 13,71	6,75	1,85	0,031	0,023 — 0,041
» de Grenouille.....	— 10,14	5,97	1,46	0,052	0,037 — 0,073

Le pouvoir thyréotrope des hypophyses de Bœuf et de Grenouille est donc du même ordre, assez faible (respectivement 20 et 30 fois inférieur à celui du standard).

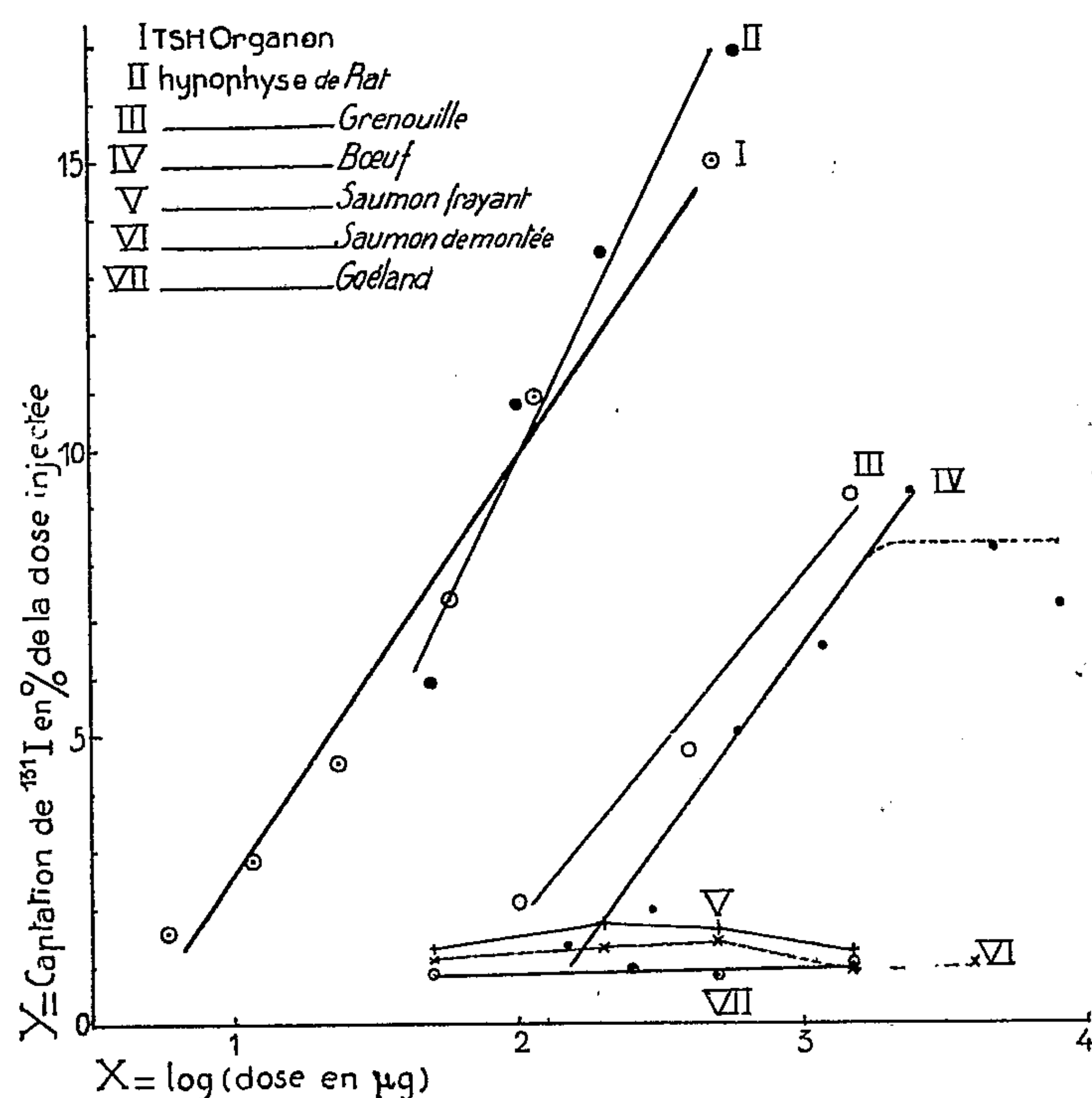
Soulignons, au contraire, l'activité thyréotrope remarquable de l'hypophyse de Rat, dont la poudre brute est à peu près aussi active que la T. S. H. purifiée de Bœuf. Ce fait semble suggérer que les protéines T. S. H. des différentes espèces, telles qu'elles sont actuellement obtenues, peuvent être plus ou moins riches en groupements actifs, de poids moléculaires plus petits, qui seraient les vrais supports de l'activité thyréotrope de la protéine au sein de laquelle ils se trouvent liés.

2. *Saumon* (*Salmo Salar* L.), *Goéland* (*Larus Sp.*). — Nous n'avons pas obtenu, dans ces deux cas, de régression log (dose) — captation comparable à celles obtenues plus haut, du moins aux doses utilisées.

(2) Hormone purifiée à partir d'hypophyse de Bœuf et contenant 8,6 U. J. S./mg.

a. L'hypophyse de Goéland, même à la dose élevée de 1,5 mg n'augmente pas significativement la captation par rapport à celle des témoins.

b. A de faibles doses (quelques centaines de μg) l'hypophyse de Saumon augmente de manière faible, mais statistiquement significative, la captation.



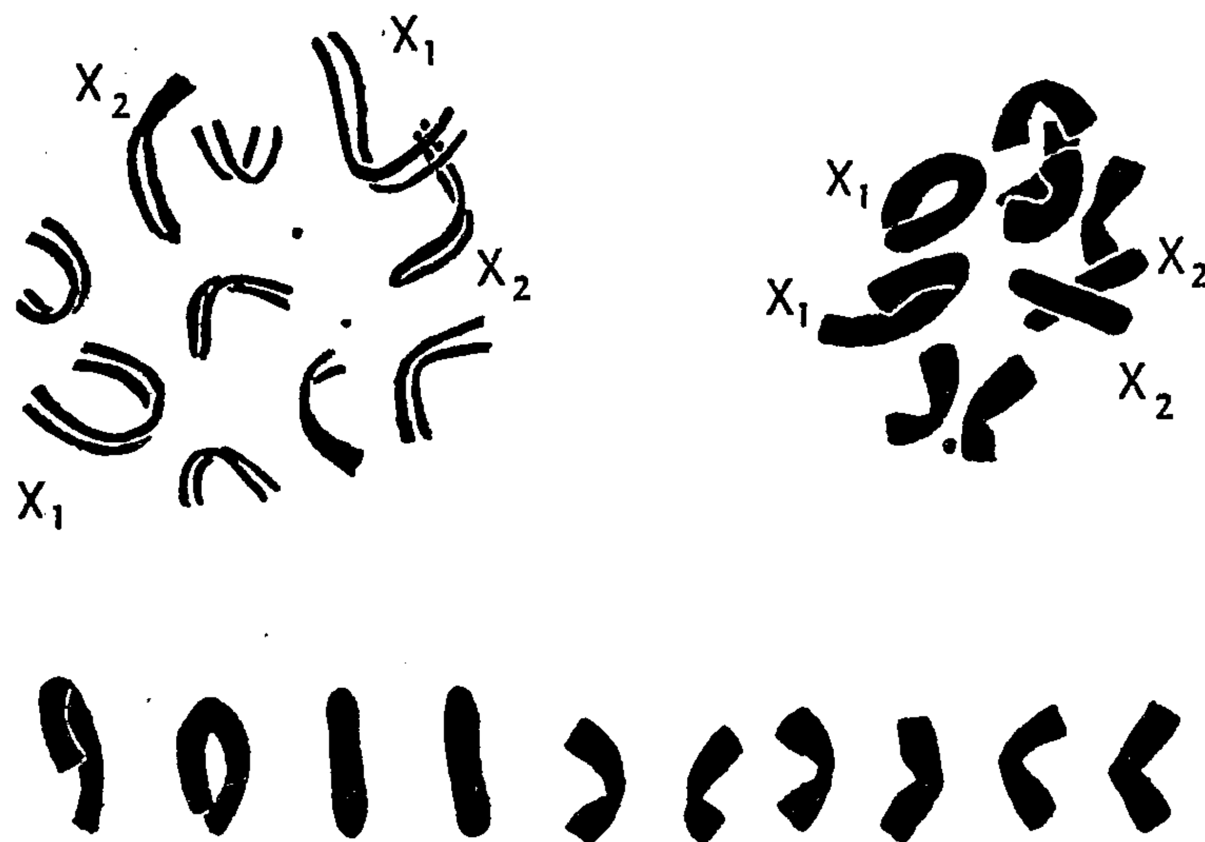
Mais pour des doses supérieures (quelques mg) celle-ci est à nouveau de l'ordre de celle des témoins (*figure*). De plus, l'hypophyse de Saumon est capable, à ces dernières doses, de diminuer l'action de la T. S. H. administrée simultanément.

CYTOLOGIE. — *La formule chromosomique et les chromosomes sexuels multiples du Gryllodea* Eneoptera surinamensis *De Geer*. Note de M. **Guy Claus**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

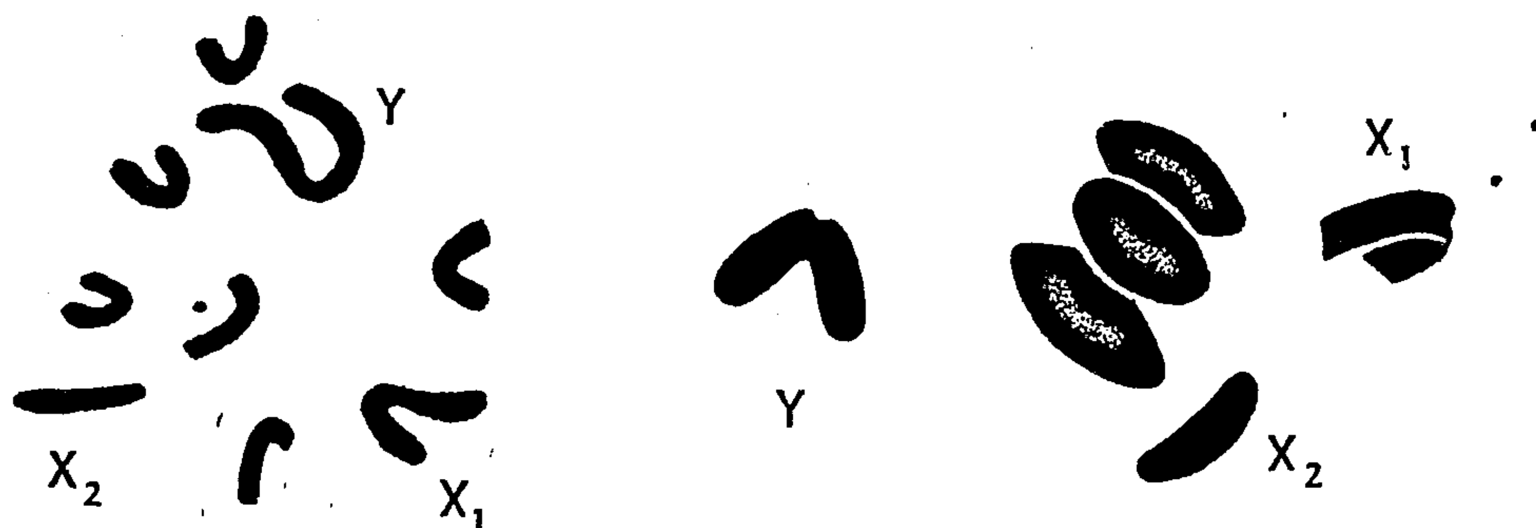
Piza (1946) ([1]) attribue à ce Gryllide la formule chromosomique mâle $2n = 6 + XY_1Y_2$. Le chromosome X, de grande taille, et le chromosome Y_1, plus petit, sont métacentriques. Y_2 correspond à un élément acrocentrique en bâtonnet. Les six autosomes, en U, sont subégaux. La femelle, de formule $2n = 6 + XX$, possèderait huit chromosomes à insertion médiane.

([1]) *Anais da Escola Superior de Agricultura « Luiz de Queiroz »*, 1946.

Ainsi, *E. surinamensis* constituerait une exception, parmi les Orthoptères en général et parmi les Gryllodea en particulier, à la fois par le nombre de ses chromosomes, qui est le plus faible observé dans l'ordre, et par la nature de sa digamétie mâle, connue seulement chez deux espèces.



1, métaphase précoce de cellule somatique femelle; 2, métaphase de cellule somatique femelle; 3, caryogramme établi d'après la figure 2.



4, métaphase spermatogoniale; 5, métaphase de première division réductionnelle, chez le mâle (si la position relative des chromosomes sexuels a été respectée, les distances à la plaque autosomique ont été réduites).

J'ai entrepris de nouvelles recherches cytologiques ayant pour objet ce Gryllide. Les animaux utilisés pour ce travail proviennent d'un élevage constant, issu d'une femelle fécondée provenant du Brésil. Coupes et frottis ont été colorés par les méthodes classiques (réaction de Feulgen; hématoxyline ferrique de Heidenhain).

Les cinèses spermatogoniales montrent bien 9 chromosomes, identiques à ceux décrits par Piza. On distingue cependant, parmi les 6 petits,

une paire submétacentrique et deux paires métacentriques, ce que Piza ne mentionne pas.

Les mitoses somatiques, chez la femelle, révèlent 10 chromosomes et non 8 : une paire de grands V; une paire de bâtonnets; trois paires de petits U, dont une paire légèrement submétacentrique, comme chez le mâle.

Ce résultat infirme les observations et les interprétations de Piza. On pourrait croire à une hétérogamétie du type XO, ce qui impliquerait l'homologie des deux V du mâle. L'étude de la méiose nous renseigne à ce sujet. Les deux V, déjà différents par la taille, ne s'apparient absolument pas au zygotène et ne sont pas homologues. Il apparaît nettement à la diacinèse trois bivalents et trois univalents stricts, qui sont les chromosomes sexuels, et qui, se comportent comme l'a observé Piza. Lors de la métaphase, les tétrades s'orientent comme d'ordinaire sur la plaque équatoriale. En vue latérale, un V, le plus grand, se trouve d'un côté de la plaque autosomique, tandis que le plus petit, accompagné du bâtonnet, se trouve du côté opposé.

Je n'ai pas mentionné, jusqu'ici, les énigmatiques petits granules Feulgen positif, observés sur mes préparations, dans les deux sexes. Leur nombre varie dans les noyaux d'un même individu : 0, 1, plus souvent 2. Au cours de la spermatogenèse, ils se divisent régulièrement lors des mitoses. Lorsqu'ils sont au nombre de deux, ils se disjoignent ou non, sans s'être appariés, lors de la division réductionnelle. Ces « chromosomes surnuméraires », que Piza ne signale pas, ont pu apparaître chez *E. surinamensis* à la manière de ceux observés chez *Ascalaphus libelluloides* par Naville et de Beaumont (1933) [2].

Les faits décrits ci-dessus me portent à considérer la formule chromosomique du mâle d'*E. surinamensis* comme étant $2n = 6 + X_1 X_2 Y$, celle de la femelle étant $2n = 6 + X_1 X_1 X_2 X_2$. Le chromosome X_1 est représenté par le petit V, X_2 par le bâtonnet et Y par le grand V. Ces formules ne tiennent pas compte des « chromosomes surnuméraires », sur la nature exacte desquels il est difficile de se prononcer.

Si l'hétérogamétie d'*E. surinamensis* est ainsi ramenée à un type plus classique, il n'empêche que le comportement des chromosomes sexuels demeure un bel exemple de ségrégation déterminée. *E. surinamensis* apparaît bien comme l'unique Orthoptère pourvu de trois chromosomes sexuels qui, sans former de complexe trivalent à la méiose, se séparent de manière régulière.

---

[2] *Arch. Anat. Micr.*, 29, 1933.

ENDOCRINOLOGIE. — *L'influence de la cortisone sur la gestation et le développement post natal du Rat.* Note de M. **Herbert Tuchmann-Duplessis** et M[lle] **Lucette Mercier-Parot**, présentée par M. Robert Courrier.

La cortisone perturbe légèrement le développement embryonnaire comme l'ont déjà constaté Courrier, et Davis. La croissance post-natale par contre est complètement inhibée. A la naissance la différence de poids entre descendants de mères traitées et descendants de mères témoins est de 10 %, elle s'accentue par la suite pour atteindre 36 % au 4e jour et 53 % au 8e jour.

Courrier et collaborateurs (1) ont montré que la cortisone interrompt la gestation de la Lapine tandis que chez la Ratte (2) des doses même très fortes de cortisone restent compatibles avec la gestation. Toutefois sa durée est souvent prolongée, la mise bas est difficile et les embryons sont légèrement moins lourds que normalement. Ils ne présentent pas d'anomalies mais meurent rapidement après la naissance. Avec de faibles doses de cortisone, Davis et collaborateurs (3) n'observent pas de perturbation notable de la gestation du Rat. Chez la Souris par contre la cortisone détermine un fort pourcentage d'anomalies qui, dans certaines lignées, peut atteindre 100 % [Fraser et collaborateurs (4)].

Nous rapportons ici les résultats de deux séries d'expériences. Dans une série préliminaire nous avons déterminé la période de nocivité de la cortisone en administrant des doses variées à partir des 6e, 8e, 10e et 12e jours jusqu'au 16e jour de la gestation. Dans ces conditions on constate que le poids des embryons prélevés au 20e jour de la gestation est, pour des doses de 15 à 20 mg, légèrement plus faible que celui des témoins (de l'ordre de 5 %), mais cette action ne se manifeste que si le traitement cortisonique est institué très précocement vers le 6e jour et au plus tard le 9e jour de la gestation.

En tenant compte de ces résultats nous avons, dans une deuxième série d'expériences, administré la cortisone à la dose de 20 mg du 6e au 16e jour de la gestation. Une partie des rattes a été sacrifiée au 20e jour alors que pour les autres nous avons attendu la mise bas en vue d'étudier le développement des nouveau-nés.

Les embryons prélevés au 20e jour ont une apparence normale mais ils sont légèrement moins gros que les témoins; leur poids moyen est de 2,18 g contre 2,31 g pour les témoins.

---

(1) R. Courrier et A. Colonge, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1164.

(2) R. Courrier, A. Colonge et M. Baclesse, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 333.

(3) M. Davis et E. J. Plotz, *Endocrinology*, 54, 1954, p. 384.

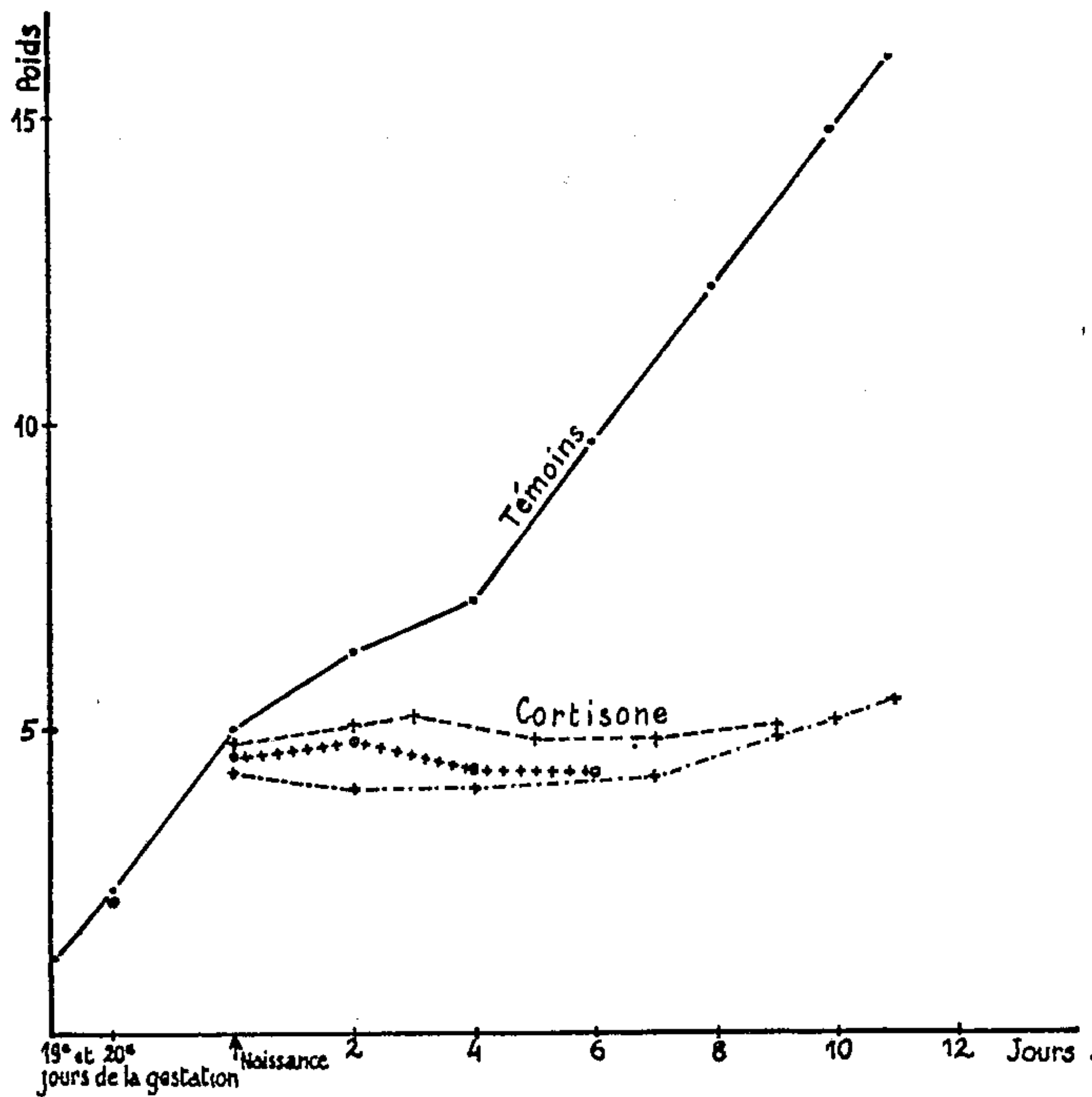
(4) *Études Néo-Natales*, 2, 1953, p. 43.

Il en est de même à la naissance où la différence de poids est à peine accusée. Le poids moyen est de 4,43 g contre 4, 89 g pour les témoins. Toutefois si le développement intra-utérin n'est que faiblement perturbé l'étude du développement post-natal révèle des différences très marquées qui sont résumées dans le tableau.

Action de la cortisone.

	Développement prénatal.		Développement post-natal.	
	Poids moyen au 20e jour.	Poids moyen à la naissance.	Poids moyen au 4e jour.	Poids moyen au 6e jour.
Traités	2,18	4,43	4,59	4,38
Témoins	2,31	4,89	7,27	9,38
Différence % par rapport aux témoins...	−5	−10	−36	−53

Les nouveau-nés sont adoptés par leur mères et paraissent têter normalement, du moins leur estomac est rempli de lait. Mais une partie, parfois même la totalité de la descendance, est mutilée ou dévorée par les mères vers le 3e ou 4e jour. Les rares mères qui conservent quelques petits



continuent à les allaiter semble-t-il normalement. La croissance ultérieure de ces rats est, comme le montre notre graphique, partiellement ou complètement inhibée. Les jeunes rats revêtent un aspect de plus en plus chétif, leur tégument se décolore devenant jaunâtre et la survie ne dépasse généralement pas 12 à 18 jours.

Ainsi si l'administration de cortisone à la Ratte gestante ralentit à peine le développement embryonnaire, elle inhibe par contre presque complètement la croissance post-natale. Les causes de cette inhibition font l'objet de recherches en cours.

ENDOCRINOLOGIE. — *Modifications du volume de la glande thyroïde au cours de la métamorphose de* Sardina pilchardus (*Walb.*) *de la mer de Banyuls.* Note de Mme **Jacqueline Buser-Lahaye** et M. **Mário Ruivo**, présentée par M. Louis Fage.

Au cours de la vie de *Sardina pilchardus* (Walb.), il y a une période critique — celle de la métamorphose — qui se traduit par des changements très importants dans le comportement écologique et par un profond remaniement dans la morphologie des individus.

Les larves qui ont mené jusque là une vie pélagique dans les eaux du large arrivent sur la côte à partir du mois de mai, où elles trouvent des eaux beaucoup plus chaudes (déjà plus de 15° à cette époque) et parfois moins salées.

Le passage de la forme larvaire à celle de jeune alevin a été décrite par L. Fage [1]. Elle se traduit par une véritable crise de croissance; les proportions des différentes parties du corps deviennent à peu près celles de l'adulte; les écailles se forment et on observe un changement complet de la livrée pigmentaire.

Ces phénomènes impliquent une modification profonde dans la physiologie de la larve au moment de sa métarmophose : le rôle joué par certaines glandes internes, en particulier l'hypophyse et la thyroïde, doit être précisé.

Dans une publication antérieure [2] — la première d'une série concernant les facteurs endocrinologiques dans la biologie de la Sardine — nous avons indiqué la localisation des follicules thyroïdiens chez cette espèce, lesquels sont particulièrement denses avant le premier arc branchial, au niveau du deuxième arc et entre la deuxième et la troisième artères branchiales.

Dans la présente Note, nous étudierons les principaux changements de volumes de l'ensemble des follicules thyroïdiens survenus au cours de la métamorphose, nos recherches étant basées sur trois séries de Sardines :

a. Jeunes larves (de 10 à 25 mm);

b. Post-larves au moment de la métamorphose (de 25 à 35 mm);

c. Jeunes alevins (plus de 40 mm).

---

(1) *Rep. Danish Ocean. Exp.* 1908-1910 *to Medit. and adjacent seas*, II, A. 9 1920, 140 pages.

(2) *Rev. Fac. Cienc. Lisboa*, 2e série, C., II, 1, 1952, p. 175-198.

Pour les post-larves, en raison des variations individuelles, il est difficile de préciser à quel stade de la métamorphose (aux environs de 30 mm dans la mer de Banyuls) elles se trouvent; chez des exemplaires de la même taille, le phénomène peut être plus ou moins avancé.

A l'aide de coupes sériées, nous avons mesuré la surface de l'ensemble des follicules thyroïdiens de chaque individu, ce qui nous a permis de déterminer le volume total de la thyroïde. A partir des valeurs ainsi obtenues, nous avons pu établir des courbes de variation en fonction de la taille : du volume thyroïdien, V (*fig.* 1) du rapport V/P, P représentant les poids moyens des individus par classe de taille (*fig.* 2).

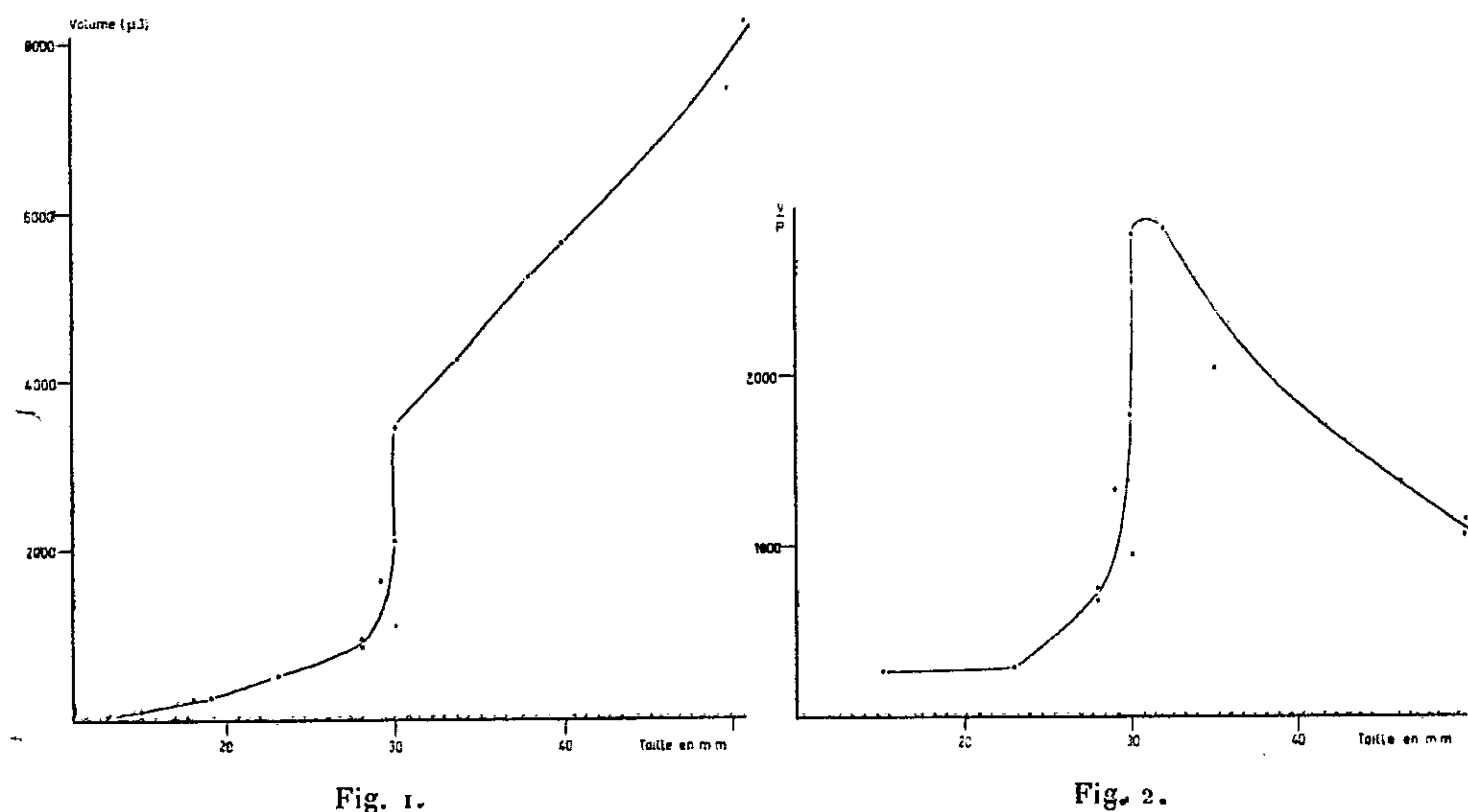


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Courbe de variation du volume thyroïdien (abcisses) en fonction de la taille des individus (ordonnées).

Fig. 2. — Courbe de variation du rapport V/P (abcisses) en fonction de la taille des individus (ordonnées).

L'examen de la courbe 1 permet les constatations suivantes :

a. L'augmentation du volume thyroïdien qui accompagne, d'une manière générale, l'accroissement de la taille;

b. L'augmentation très régulière de ce volume chez les jeunes larves et les jeunes alevins;

c. Une brutale discontinuité, traduisant une forte et rapide augmentation du volume thyroïdien, chez les post-larves de la classe 25 à 35 mm (individus en métamorphose).

La courbe 2 précise les perturbations correspondant à la discontinuité constatée au moment de la métamorphose et sa tendance à une stabilisation ultérieure. Le volume de la thyroïde subit une augmentation proportionnelle à

l'augmentation du poids du corps au cours de la vie larvaire. Au moment de la métamorphose on assiste à une augmentation brusque et considérable de ce volume; alors que le poids des individus croît régulièrement, le volume de la thyroïde est rapidement multiplié par 3 et même plus. Cette rapide augmentation du rapport V/P ne sera pas durable. Après la métamorphose le rapport s'abaissera de nouveau (*voir* la partie droite du graphique) chez les individus de plus de 40 mm, c'est-à-dire, les alevins ayant terminé leur métamorphose.

Nos recherches nous ont donc permis de préciser que les phénomènes caractérisant la métamorphose de la Sardine (changement de comportement écologique, remaniement morphologique), coïncident avec une transformation brusque et extrêmement importante de la thyroïde.

Les variations d'activité que nous avons observées pour cette glande, pendant cette même période critique, feront l'objet d'une prochaine publication.

NUTRITION. — *Évolution des teneurs en vitamines* B *dans le bol alimentaire des ruminants.* Note de MM. **Alain Rerat** et **Raymond Jacquot**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Chez le Mouton, la thiamine, la riboflavine, la niacine et l'acide pantothénique sont exclusivement synthétisés dans les estomacs; leur absorption commence au niveau de la caillette et se parachève dans l'intestin grêle. La biotine et la vitamine B_{12} sont aussi synthétisées dans le gros intestin, suivant un triple cycle : synthèse dans les estomacs, absorption dans l'intestin grêle, synthèse dans le gros intestin.

Il est classique de dire que, chez les Ruminants, la synthèse des vitamines B s'effectue essentiellement au niveau du rumen. Il nous a paru cependant intéressant de faire l'étude systématique des teneurs en vitamines B du bol alimentaire aux différents niveaux digestifs. Nous avons ainsi dosé microbiologiquement la thiamine, la riboflavine, la niacine, l'acide pantothénique, la biotine et la vitamine B_{12} dans le contenu du tube digestif de moutons soumis à différents régimes :

Régime A : 3 kg d'un mélange « pulpes de betteraves-balles de blé » + 1,5 kg de foin de luzerne + 400 g environ de paille de blé.

Régime B : herbe de pâturage (bonne qualité).

Régime C : 5 kg environ de gesse + 500 g environ de foin de luzerne.

Il ressort des chiffres du tableau que :

— Sauf dans le cas de B_{12}, la teneur en vitamines B du bol alimentaire est essentiellement réglée par le taux d'ingestion; le régime à l'herbe, riche en ces facteurs, donne toujours des valeurs supérieures au régime d'étable.

— Certaines vitamines sont uniquement synthétisées au niveau des estomacs; c'est le cas pour la thiamine, la riboflavine, la niacine, pour qui les concentrations les plus élevées s'observent au niveau du réseau. Au contraire, la biotine et la vitamine B_{12} se trouvent en concentration notablement plus forte au niveau du gros intestin. En ce qui concerne l'acide pantothénique, le bol alimentaire au niveau de l'intestin grêle est le plus riche.

Teneur en vitamines B *du bol alimentaire dans les différentes parties du tube digestif chez le Mouton* (γ/g. s.).

	Ration.	Rumen.	Réseau.	Feuillet.	Caillette.	Intestin grêle.	Cæcum.	Côlon.	Rectum.
					Thiamine.				
A......	2,4	3,1	7	8,9	6,2	5,4	3,5	3,3	3
B......	18,4	20,3	29,4	25	20	4,8	6	5,6	6,1
C......	5,7	6,8	16	14,9	17,9	13,3	2,2	2,2	1,9
					Riboflavine.				
A......	4,7	7,1	12,8	19,6	10,2	12	8,5	6,8	5,3
B......	26,9	23,7	36,7	24,8	20,9	27,7	12	11,4	9,9
C......	11	9,7	21,7	13,3	14,4	26	6,8	6	3,9
					Niacine.				
A......	10,8	59,6	76,9	140,6	119,1	96,2	35,6	33,7	24
B......	91,2	180,6	232,9	159,2	219,4	234,7	66,6	65,9	60,1
C......	50,4	46,1	82,3	42,3	127,6	196,3	24	19,7	18,6
					Acide pantothénique.				
A......	23,1	17,5	20,2	33,6	28,5	58,6	11	9,4	5,3
B......	29,7	37,9	56,5	60,7	54,8	138,3	25,7	17,9	15,7
C......	42,2	16,8	41,9	25,6	45,9	130,8	20,5	22,2	16,6
					Biotine.				
A......	0,04	0,13	0,18	0,32	0,18	0,45	0,72	0,76	0,46
B......	0,47	1,16	0,52	0,36	0,88	1,43	2,25	1,99	2,35
					Vitamine B_{12}.				
A......	traces	1,15	2,2	3,46	2,5	2,44	5,59	4,22	4
B......	»	2,3	2,99	3,21	2,62	2,76	7,71	6,37	6,63
C......	»	1,39	2,65	1,76	2,4	2,12	3,11	4,43	3,24

Ces faits permettent de postuler que le rumen n'est pas le seul lieu de synthèse des vitamines B et que pour certains facteurs la flore du gros intestin joue un rôle important. Néanmoins une telle notion manque de précision si l'on considère ces seules données. La teneur vitaminique du bol alimentaire calculée par gramme de matières sèches est la somme algébrique d'opérations fort complexes et de sens variés. Si les synthèses vitaminiques rentrent dans l'actif (concentration des vitamines par rapport à la matière sèche) l'absorption des autres constituants alimentaires y participe également. On sait, par exemple, que les produits de dégradation des glucides sont absorbés en majeure partie au niveau du rumen.

Au passif (dilution des vitamines par rapport à la matière sèche), il faut porter les destructions éventuelles et surtout l'absorption préférentielle des vitamines.

L'emploi d'un traceur insoluble et irrésorbable (oxyde de chrome) permet de nuancer les conclusions précédentes. Ainsi, nous voyons que :

— Les estomacs, le réseau notamment, sont le lieu des synthèses de thiamine, riboflavine, niacine et acide pantothénique; l'absorption de ces vitamiues commence au niveau de la caillette et se parachève dans l'intestin grêle ;

— Le gros intestin représente, par contre, un foyer important de synthèse B_{12}. Dans le tube digestif du Mouton, cette vitamine présente un cycle en trois parties : synthèse au niveau des estomacs, absorption dans l'intestin grêle, synthèse dans le gros intestin. On ne peut encore savoir dans quelle mesure les synthèses réalisées dans le gros intestin sont utilisables par l'organisme.

BIOMÉTRIE. — *Sur la détermination de la normalité de quelques caractères morphométriques spécifiques de* Gryllus campestris *L.*, G. peruviensis *Sauss. et la définition biométrique de leur hybride* F_1. Note (*) de Mlle **Germaine Cousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

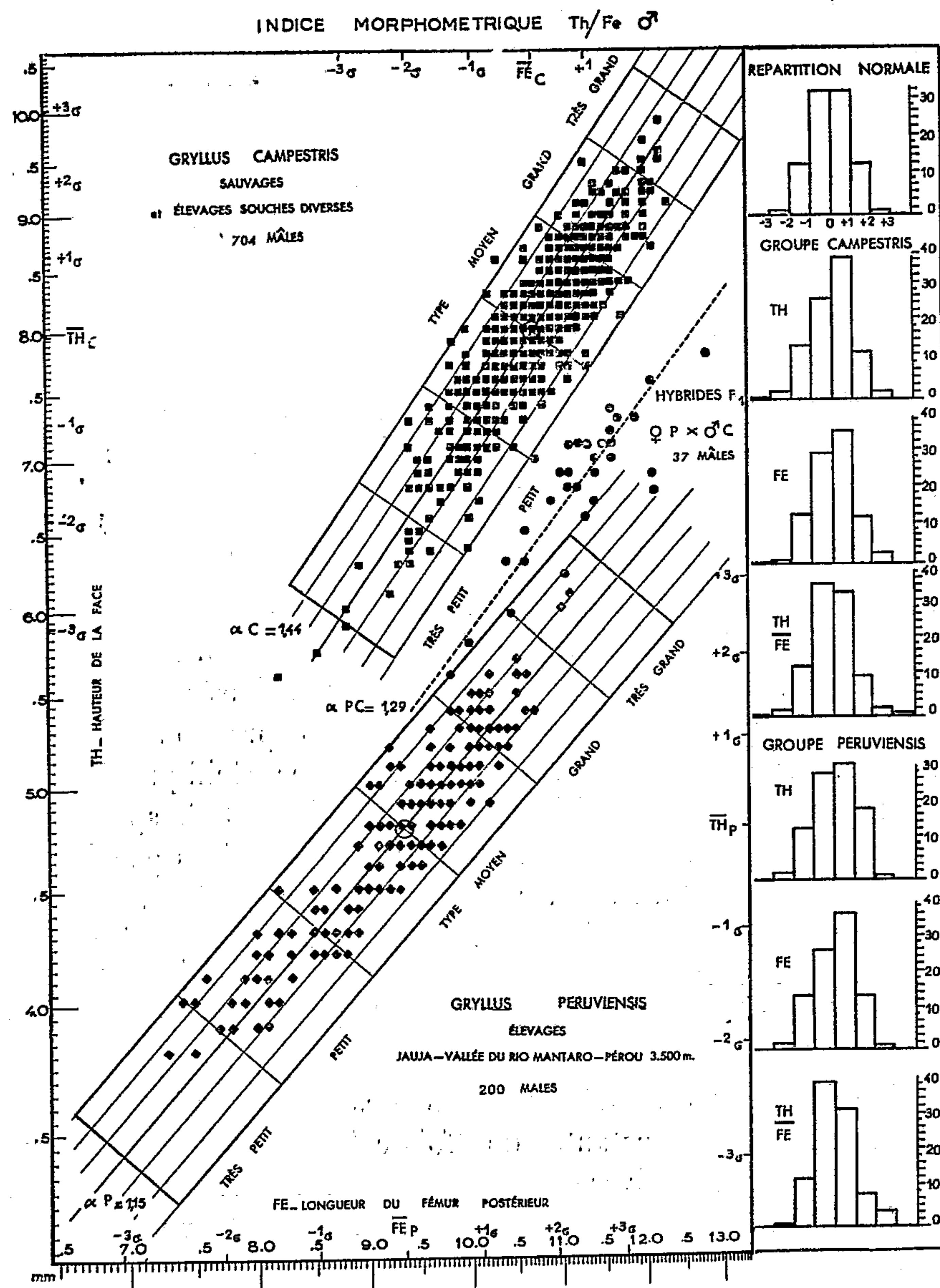
Tout spécialiste d'un groupe peut, en principe, déterminer la place occupée par un animal ou une plante dans la systématique de ce groupe. En réalité, la variabilité et les lois de la croissance différentielle des organes rendent les diagnoses difficiles. Elles sont en outre généralement basées sur des caractéristiques de nature qualitative qui confèrent une expression subjective aux déterminations. Pour une analyse d'hybridations interspécifiques il est impossible de se contenter de ces définitions habituelles des entités spécifiques. Par contre il est rationnel, dans ce cas, de caractériser les espèces par des données quantitatives. Cela revient à chercher des divergences spécifiques définies par les mesures d'organes ou de parties du corps. Pour être valables les définitions biométriques ont de sévères exigences : mesures nombreuses, précises, comparables, d'échantillons homogènes et représentatifs, complétées par le calcul des constantes caractéristiques : moyennes relatives M, coefficients d'allométrie α, de corrélation R, de variabilité fluctuante des indices vf_1 dégagée de la variabilité de taille. Ces constantes une fois calculées, il devient possible de préciser les caractères qui divergent le plus d'une espèce à une autre et qui donneront les indices taxonomiques qui les sépareront sur un tableau de corrélation.

Pour *G. campestris*, *G. peruviensis* et leur hybride F_1 ces indices sont indiqués dans le tableau ci-après:

L'illustration ci-jointe concerne l'indice qui oppose la hauteur de la tête à la longueur du fémur. Les points représentatifs de ces deux caractères forment deux nuages séparés entre lesquels se placent ces mêmes points représentatifs des hybrides.

(*) Séance du 29 novembre 1954.

Les limites de normalité entre lesquelles fluctuent les grandeurs relatives des caractères sont d'une part, celles des valeurs individuelles de taille



autour du point central, d'autre part, celles des valeurs d'indice, calculées d'après les écarts individuels autour des droites figuratives selon la formule

$$\frac{R_1}{R_{t1}} = \left[- \frac{y_1}{y} \left(\frac{x}{x_1} \right)^{\alpha} \right]^{\frac{\alpha+1}{\alpha^2+1}}$$

Ces normalités des variations caractéristiques sont exprimées en unités sigmatiques.

	n.	M.	α.	vf.	R.	M.	α.	vf.	R.
		haut. face/long. fém.				haut. face/long. tib.			
♂	P 200.......	0,51	1,15	3,50	0,93	0,73	1,21	4,11	0,90
♂	C 500.......	0,75	1,44	3,13	0,93(*)	1,01	1,52	4,00	0,91(*)
♂	PC 37......	0,61	1,29	3,59 (**)	0,81	0,86	1,01	4,94 (**)	0,68
♀	P 205.......	0,45	0,91	2,99	0,90	0,64	0,91	3,27	0,89
♀	C 262.......	0,67	1,22	3,28	0,86	0,91	1,33	4,43	0,86
♀	PC 45......	0,53	1,23	2,63 (**)	0,90	0,75	1,02	3,37 (**)	0,82
		long. él./long. fém.				long. él./long. tib.			
♂	P 200.......	0,82	1,14	5,25	0,83	1,16	1,20	5,38	0,82
♂	C 500.......	1,36	0,98	4,07	0,83(*)	1,84	1,04	4,29	0,96(*)
♂	PC 37......	1,04	1,22	3,15 (**)	0,85	1,47	0,96	3,93 (**)	0,78
♀	P 205.......	0,57	2,26	5,73	0,79	0,82	2,26	6,02	0,76
♀	C 262.......	1,30	1,13	4,30	0,76	1,77	1,24	4,68	0,75
♀	PC 45......	0,89	1,61	5,37 (**)	0,72	1,26	1,34	6,45 (**)	0,63

(*) n ♂ = 201, ♀ = 121; (**) valeurs calculées autour des moyennes.

Une telle représentation graphique, qui comporte toutes les caractéristiques des distributions des fréquences, est, si on l'étend à tous les caractères pris deux à deux, une des meilleures informations sur la position systématique des groupes étudiés. Si elle est établie avec des échantillons convenables, elle peut être hautement significative et constituer une référence satisfaisante pour définir l'espèce.

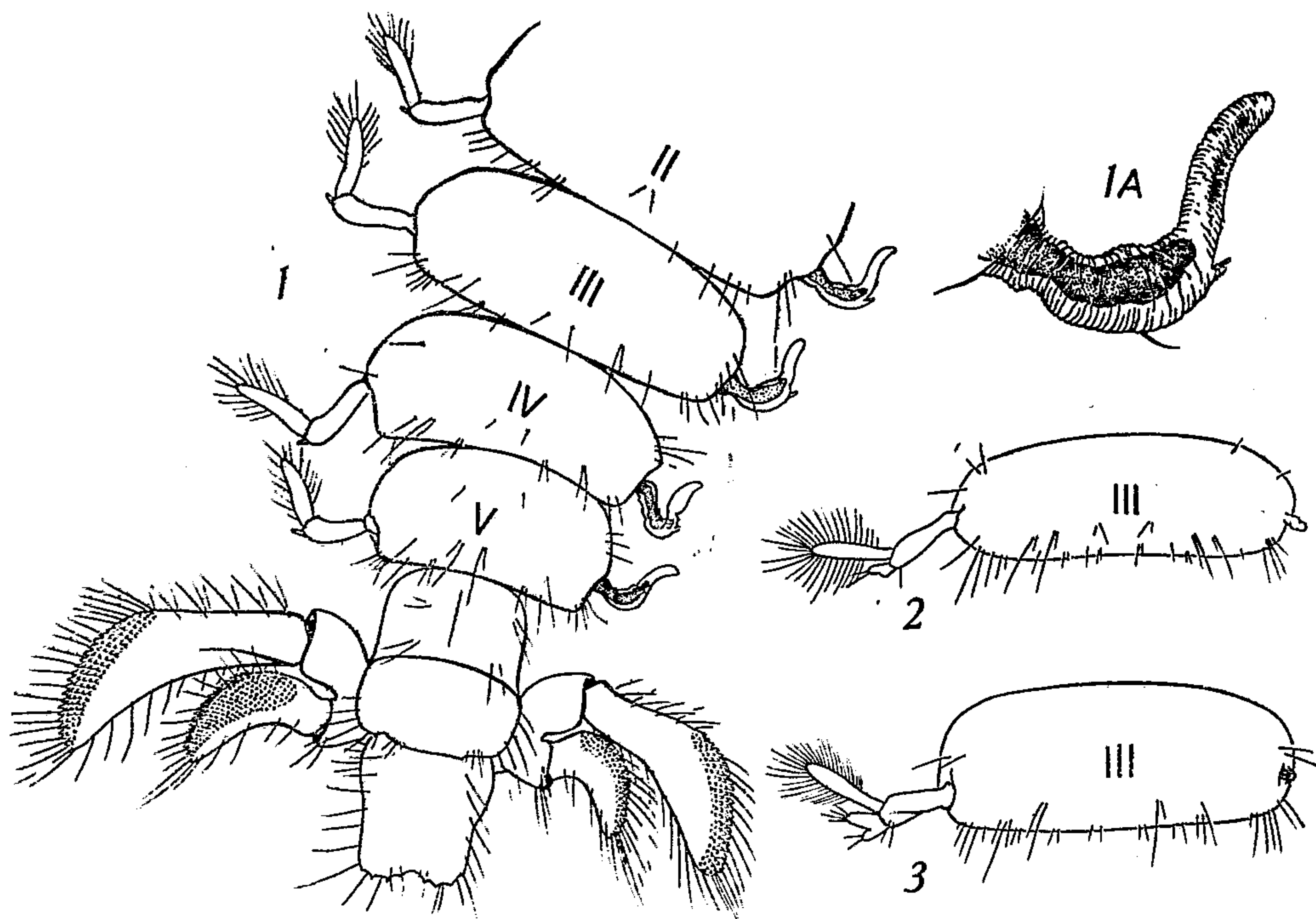
MORPHOGENÈSE. — *Sur les premiers stades post-larvaires du Pagure* Dardanus pectinatus (*Ortmann*). Note de M. **Jacques Forest**, présentée par M. Louis Fage.

Il existe chez *Dardanus pectinatus* une phase protopagurienne caractérisée par la persistance, chez les individus juvéniles, de pléopodes pairs sur les tergites abdominaux 2 à 5. Les pléopodes droits vestigiaux, très modifiés par rapport aux appendices gauches correspondants, passent par trois stades avant de disparaître complètement; leur régression semble liée au développement des gonades.

Dardanus pectinatus (Ortmann) est un Paguride vivant dans les eaux peu profondes, au large des côtes occidentales d'Afrique, de la Mauritanie à l'Angola. Il est apparenté au *D. arrosor* (Herbst) présent en Méditerranée et peut mesurer jusqu'à 50 mm [1]. Comme chez tous les *Dardanus*, les ♀ adultes possèdent des pléopodes gauches triramés par suite de la bifurcation de l'endopodite.

(1) Toutes les longueurs indiquées se rapportent à la carapace.

L'étude d'une collection de pagures recueillis en Côte de l'Or par R. Bassindale nous a donné l'occasion d'examiner environ 120 *D. pectinatus* et des glaucothoés appartenant vraisemblablement à cette espèce. La presque totalité des spécimens à habitus pagurien, de moins de 7 mm, ont encore des pléopodes pairs (pl^2 à pl^5) sur les tergites abdominaux.



Cependant, même chez ceux, nombreux dont les pléopodes droits sont très développés, il n'y a plus symétrie de forme entre les éléments de chaque paire comme c'est le cas chez les glaucothoés. Alors que les pléopodes gauches se composent typiquement d'un article basilaire allongé, d'un exopodite foliacé bordé de soies et d'un endopodite réduit, les pléopodes droits, au maximum de leur développement, ont une forme beaucoup moins définie : ce sont des appendices vermiformes, au diamètre irrégulier, sans segmentation apparente, pourvus d'un appendicule latéral sans doute à valeur d'endopodite, et de rares soies éparses (*fig.* 1 et 1 A). Chez les individus en période préexuviale, comme celui qui est figuré, on voit par transparence, sous le tégument, l'appendice tel qu'il apparaîtra après la mue. C'est cet appendice réduit que l'on observe chez quelques juvéniles : il a l'aspect d'un sac dépourvu d'appendicule latéral, mais présentant une constriction dans la région moyenne (*fig.* 2 : ♀, 3ᵉ tergite abdominal). Enfin, chez d'autres individus, les pléopodes droits ne sont plus représentés que par des petits mamelons (*fig.* 3 : ♀, 3ᵉ tergite abdominal).

Le fait que chacun des 23 pagures encore pourvus de pléopodes vestigiaux puisse être rattaché à l'un ou l'autre des types décrits ci-dessus laisse supposer que l'on se trouve en présence de trois stades du développement, séparés par des mues. On peut noter que les quatre vestiges sont sensiblement de même taille chez un même individu.

A la régression des pléopodes droits correspond un développement des caractères sexuels externes. On peut ainsi définir trois stades dans la phase protopagurienne caractérisée par la présence de pléopodes droits vestigiaux.

Stade I (15 spécimens examinés, mesurant de 5,3 à 6,2 mm; moyenne 5,82 mm). — *pl* droits un peu plus courts que les gauches, vermiformes, pourvus d'un appendicule latéral. Orifices génitaux marqués par de petites dépressions [= « pseudo-orifices » des *Eupagurus* juvéniles étudiés par M. T. Thompson (²)]. *pl* gauches identiques dans les deux sexes : l'endopodite est un simple bourgeon à bords entiers.

Stade II (4 spécimens examinés, de 5,8 à 7,2 mm; moyenne 6,35 mm). — *pl* droits deux fois plus longs que larges, sans appendicule latéral. Dépressions correspondant aux orifices génitaux plus profondes. Chez la ♀, endopodite des pl^{2-4} gauches élargi, avec l'amorce d'une échancrure sur le bord externe.

Stade III (4 spécimens examinés, de 6 à 6,8 mm; moyenne 6,40 mm). — *pl* droits réduits à de courts bourgeons. Orifices génitaux bien ouverts. Chez la ♀, endopodite des pl^{2-4} gauches nettement bifurqué.

La régression des pléopodes droits paraît davantage liée au développement génital qu'à l'accroissement de taille. Deux exemples extrêmes illustrent ce fait : une ♀ de 7,2 mm, le plus grand individu à pléopodes vestigiaux, est encore au stade II, les orifices sexuels sont peu marqués et l'endopodite des *pl* en est au début de sa bipartition. Inversement, un ♂ de 5,7 mm, donc des plus petits, ne présente plus trace de *pl* droits et, corrélativement, a des orifices génitaux bien ouverts.

Une seconde remarque a trait à la situation du stade I dans l'ontogénie de *D. pectinatus* : les glaucothoés attribuées à cette espèce mesurent de 5 à 5,2 mm; elles sont à peine plus courtes que les individus au stade I : il est donc vraisemblable que ce stade succède immédiatement à la phase glaucothoé.

La persistance de vestiges de pléopodes droits a déjà été signalée, en particulier chez des *Eupagurus*, par Thompson (*op. cit.*); mais cette persistance était considérée comme exceptionnelle, alors qu'elle semble la règle ici. Il est possible, étant donné que nous avons constaté des faits de même ordre chez *D. arrosor*, que tous les représentants du genre *Dardanus*, par ailleurs fort homogène, passent par la phase protopagurienne définie ci-dessus.

(²) *Proc. Boston Soc. nat. Hist.*, 31, 1903, p. 147-209, pl. 4-10.

BIOPHYSIQUE. — *Sur l'existence d'une substance fluorescente dans les téguments des Scorpions (Arachnides).* Note de MM. **Mario Pavan** et **Max Vachon**, présentée par M. Louis Fage.

Dès 1925, E. Derrien, J. Turchini (1) et (2) puis en 1926, J. Millot (3) ont attiré l'attention sur l'utilisation des fluorescences en histo-chimie d'Invertébrés. Rien, à notre connaissance, n'a été entrepris sur le tégument des Arachnides d'après les nombreuses observations ultérieurement publiées. C'est la découverte de très petites parcelles fluorescentes et de teinte jaune d'or dans le contenu intestinal du Lézard des sables sahariens, *Scincus officinalis* et qui, ultérieurement, furent reconnues comme appartenant à des scorpions, que des recherches furent envisagées. Les observations, que l'un d'entre nous a déjà faites du point de vue chimique, physique et biologique de cette substance [Pavan (4) et (5)] chez deux espèces communes : *Androctonus australis hector* CLK et *Euscorpius italicus* Herbst, sont résumées dans cette Note et complétées par quelques remarques nouvelles.

En lumière de Wood, les téguments des scorpions deviennent extrêmement fluorescents, que l'on ait affaire à des espèces de teinte claire ou de teinte sombre, vivant dans des milieux secs ou humides et appartenant à diverses familles. Nous avons examiné, dans ce but, plus d'une centaine d'espèces de la collection du Muséum et, en même temps, des représentants d'autres Ordres et d'autres Classes : Pseudoscorpions, Solifuges, Uropyges, Amblipyges, Araignées, Opilions, Acariens, Ricinules, Palpigrades, Limules et Pycnogonides. Dans le sous-embranchement des Chélicérates, seul, l'ordre des Scorpions possède, à un tel degré, la propriété d'avoir des téguments fluorescents.

Les substances fluorescentes sont uniquement présentes dans la couche externe du tégument, l'épicuticule qui, en lumière de Wood, est d'un beau jaune d'or chez les formes de teinte claire, et de couleur verdâtre chez les Scorpions de teinte sombre. Cependant, les fragments détachés de cette épicuticule de l'un ou de l'autre de ces Scorpions sont tous, en lumière de Wood, de teinte jaune d'or. Nous avons retrouvé la fluorescence verdâtre chez des spécimens d'*Heterometrus swammerdami* E. S. (conservés en alcool depuis 72 ans) espèce de l'Inde dont G. Krisnham vient d'étudier récemment les téguments et d'en préciser quelques-unes des caractéristiques histo-chimiques (6)

(1) *C. R. Biol.*, 92, 1925, p. 1028 et 1030 ; *C. R. Soc. Anat.*, 20, 1925, p. 177.
(2) *C. R. Biol.*, 93, 1925, p. 1088.
(3) *C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926, p. 171.
(4) *Boll. Soc. It. Biol. Sper.*, 1954, en impression.
(5) *Congr. Union Zool. Ital.*, 1954, en impression.
(6) *Quart. J. Micr. Sc.*, 95, 1954, p. 371.

sans toutefois en noter les propriétés fluorescentes. Cependant, il faut signaler que chez le petit Scorpion halophile de Somalie italienne : *Microbuthus litoralis* Pav. les téguments, en lumière de Wood, deviennent violets. L'examen de coupes microscopiques montre que, chez cette espèce, l'épicuticule est alvéolaire, ce qui en diminue l'épaisseur.

En radiation monochromatique (appareil de Baush et Lomb) la fluorescence, d'abord faible à 2752 Å, devient forte à 3131 Å et 3663 Å (lumière de Wood) pour diminuer à 4046 Å et disparaître à 4339 Å. L'épicuticule qui, dans les régions très chinitisées du tégument, atteint jusqu'à 4 et 5 μ d'épaisseur, s'amincit jusqu'à 1/2 μ dans les régions souples (pleures et articulations). Les organes internes, l'hæmolymphe et le reste des téguments n'ont pas de fluorescence et il en est de même des téguments entiers de l'embryon et de la larve.

L'épicuticule n'est secrétée que par la première nymphe qui, au bout de quelques jours, devient alors fluorescente. Cette propriété se manifeste d'abord dans les doigts des pinces, les chélicères, les parois du vestibule buccal et la vésicule venimeuse, aiguillon excepté. L'examen de Scorpions adultes, morts (*Buthus occitanus* Am.) mais venant de muer montré qu'il doit en être ainsi à chaque mue, la fluorescence, chez ces animaux à chitine blanchâtre, étant plus accusée dans les régions dont nous venons de parler.

La fluorescence persiste chez les Scorpions conservés en alcool depuis plus de 70 ans mais l'exposition à la lumière en atténue l'intensité. Chez les Scorpions en élevage au Laboratoire de Zoologie du Muséum, et dont certains jeûnent et n'absorbent que de l'eau depuis 23 mois, les parties dorsales exposées à la lumière du jour, ont une fluorescence très atténuée alors que la face ventrale, les régions repliées des appendices et de la queue, et donc à l'abri de la lumière, conservent une fluorescence normale. En chaleur sèche (avec l'appareil de Köfler) la fluorescence persiste, sans altération, jusqu'à une température de 120°C puis, graduellement, diminue pour s'éteindre définitivement et d'une manière irréversible à 180°C. La substance fluorescente, dont l'étude chimique est en cours, est très stable ; elle est insoluble dans la plupart des solvants organiques et résiste aux acides, aux alcalis et aux oxydants ; elle n'est pas altérée par les sucs digestifs (*in vivo*) de Lézard (*Scincus officinalis*), d'Oiseau (*Gallus*), d'Insecte (*Acheta*) et de Scorpion (*in vitro*), les Scorpions dissolvant leurs proies extérieurement en les enduisant de sucs. *In vitro*, pepsine et trypsine n'attaquent pas la substance fluorescente.

L'existence, chez les Scorpions seulement, d'une substance tégumentaire résistant aux sucs digestifs des animaux permet, à coup sûr, de déterminer les restes des Scorpions utilisés comme proies. Il suffit, en effet, de passer en lumière de Wood les excréments ou les contenus intestinaux ou stomacaux pour savoir s'ils contiennent ou non des fragments de Scorpions. Nous avons pu séparer, parmi les restes d'Arthropodes consommés par les Chouettes,

Athene noctua, en Turquie [Vachon ([7])], les fragments appartenant au Scorpion *Mesobuthus gibbosus* (Brullé) et ceux, non fluorescents, provenant d'Insectes.

PHYSICO-CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Exposé d'une technique d'électrophorèse en gélose, ses avantages par rapport à l'électrophorèse sur papier. Application au sérum humain.* Note de M. **Alain Bussard**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les perfectionnements proposés doivent permettre à l'électrophorèse en gélose de concurrencer, pour de nombreux usages, l'électrophorèse sur papier.

La gélose a été utilisée comme support pour l'électrophorèse des protéines dès 1907 par C. W. Field et O. Teague ([1]), mais l'étude détaillée et le développement de cette méthode n'ont été réalisés qu'en 1949 par Gordon et ses collaborateurs ([2]). Combinée avec la précipitation spécifique en milieu gélifié, cette méthode a été utilisée depuis, avec succès, par P. Grabar et C. A. Williams ([3]).

C'est néanmoins l'électrophorèse sur papier qui a pris un grand essor comme autre procédé d'électrophorèse « de zone », ceci probablement à cause de la simplicité d'emploi du matériel.

L'utilisation du papier présente pourtant certains inconvénients qui ont été récemment encore soulignés par H. G. Kunkel ([4]). Pour réduire l'échauffement par effet Joule de la bande de papier et l'évaporation qu'il provoque, les auteurs qui ont pratiqué l'électrophorèse sur papier sans enceinte close [c'est-à-dire sans paroi imperméable contiguë, comme H. G. Kunkel ([5]) ou immersion dans un liquide non conducteur, comme H. D. Cremer et A. Tiselius ([6])] ont été conduits, pratiquement, à employer des tampons de faible force ionique (jusqu'à $\mu = 0{,}02$) pour réduire le débit électrique, au détriment du pouvoir tampon et de l'ionisation des protéines. E. Valmet et H. Svensson ([7]) ont bien proposé l'addition du glycérol (jusqu'à 20 %) au tampon, mais tout porte à croire que l'effet observé est imputable à la baisse de la conductivité du milieu et non à l'abaissement de la tension de vapeur (1,4 mm de Hg à 25°C pour 20 % de glycérol). D'autre part, les procédés cités plus haut, employés pour empêcher l'évaporation au cours de l'électrophorèse sur papier sont d'un emploi peu commode.

([7]) *Oiseau et R. F. O.*, 25, 1954, p. 172.

([1]) *J. Exp. Med.*, 9, 1907, p. 222.

([2]) A. H. Gordon, B. Keil, K. Sebesta, P. Knessl et F. Sorn, *Coll. Trav. chim. Tchecosl.*, 15, 1950, p. 1.

([3]) *Bioch. Biophys. Acta*, 10, 1953, p. 193.

([4]) *Meth. Bioch. Analys.*, 1, 1954, p. 141.

([5]) H. G. Kunkel et A. Tiselius, *J. Gen. Phys.*, 35, 1951, p. 89.

([6]) *Biochem. Z.*, 320, 1950, p. 273.

([7]) *Science Tools*, 1, 1954, p. 1.

La gélose présente par contre sur le papier un avantage : l'évaporation, si elle existe, ne provoque pas de mouvement du liquide dirigé des bacs à électrodes vers le centre. J'ai vérifié ceci en mesurant les déplacements du liquide grâce à une substance de repérage non chargée : le glucose. On constate que le mouvement du liquide d'électroosmose reste uniforme en tous les points de la gélose au cours de l'électrophorèse, même s'il se produit une évaporation.

Il importe néanmoins de réduire le plus possible l'évaporation au cours de l'électrophorèse qui provoque, même dans la gélose, des phénomènes défavorables : augmentation de la force ionique du milieu et concentration de la gélose (rendant plus lent le déplacement des molécules).

Pour supprimer l'évaporation, j'ai recouvert la gélose d'une pellicule souple de matière plastique, déposée à la surface de la plaque sous forme de solution, le solvant s'évaporant rapidement à la température du laboratoire; c'est le chlorure de vinyle en solution dans le dichloréthane qui m'a donné jusqu'ici les meilleurs résultats.

Avec une plaque de gélose de 3 mm d'épaisseur, le tampon d'imbibition ayant une force ionique : $\mu = 0{,}1$, champ : V = 6 V/cm, il ne se produit pas de variation du débit (35.10^{-3} A) en 3 heures.

Grâce à la protection par la pellicule plastique, on peut refroidir le système par un flux d'air, ce qui est impossible avec une gélose non recouverte, à cause de l'évaporation excessive. On peut alors dissiper une énergie de 0,1 W/cm² sans échauffement notable et avec une évaporation (mesurée par pesée) n'excédant pas 10 % du poids initial de la gélose, alors que sans pellicule l'évaporation atteint 60 %.

Pour empêcher l'écoulement du liquide entre la couche de gélose et le verre, ce qui peut avoir des effets perturbateurs [Gordon et coll. ([2])], on peut utiliser un procédé imaginé par J. Oudin ([8]) : on enduit le verre d'une mince pellicule de gélose séchée sous vide avant de couler la plaque de gélose.

Afin de rendre inutile [comme dans la méthode de Gordon ([2])] l'emploi de grandes quantités de tampon, j'ai utilisé des électrodes impolarisables AgCl—NaCl, le fil d'argent chloruré étant inclus dans un bloc de gélose à 6 %, saturé en NaCl. Ces électrodes sont d'un emploi plus commode que les électrodes impolarisables de l'appareil de Tiselius.

L'électrophorèse étant terminée, pour permettre la coloration, la pellicule de plastique peut être enlevée facilement d'un seul coup.

La présence des fractions séparées par électrophorèse peut être révélée soit par coloration directe des constituants dans la gélose, soit par impression de ceux-ci sur une bande de papier filtre.

Dans le premier cas, on obtient d'excellentes colorations des protéines en immergeant la plaque de gélose dans une solution aqueuse de bleu de bromophénol et $HgCl_2$ [colorant classique pour l'électrophorèse du sérum sur papier ([9])]. Après lavage par une solution acétique, on peut dessécher la gélose

---

([8]) *Meth. in Med. Res.*, 5, Year Book Publish Chicago, 1953.

([9]) J. J. SCHEIDEGGER et J. URIEL ont (Communication personnelle) mis au point, indépendamment, des techniques de coloration du même type.

et l'on obtient ainsi une plaque transparente qui se prête fort bien à l'analyse photométrique, ainsi que nos premiers résultats nous ont permis de le constater.

Le second procédé permet d'effectuer une coloration spécifique pour chaque bande de papier, ce qui laisse une partie importante des constituants inaltérés dans la gélose et rend possible leur récupération ultérieure (électrophorèse préparative).

Avec cette méthode j'ai analysé du sérum humain à différents pH. A pH 8,6, la séparation des différents constituants est excellente, meilleure qu'avec le papier; la γ-globuline elle-même ne laisse presque pas de traînée dans la gélose.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le gallium peut-il être considéré comme un oligo-élément indispensable pour l'*Aspergillus niger? Note de M. **Didier Bertrand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le fait que le gallium soit nécessaire pour l'*Aspergillus niger* (1) à la concentration de 10 à 20 μg/l de milieu de culture n'avait pas été retrouvé de façon nette par Steinberg (2) lui-même. Une étude analytique a montré qu'avec deux souches très différentes, il suffisait d'environ 0,5 μg de ce métal par litre.

En 1938, R. Steinberg (1) annonce que le gallium est essentiel pour l'*Aspergillus niger* et qu'à la concentration de 10 à 30 μg/l de milieu de culture, il aide à la fois la sporulation et la croissance, que l'azote soit nitrique ou ammoniacal. Quoique aucuns des détails expérimentaux ne soient donnés, il précise que 76 autres éléments essayés n'ont eu aucune action comparable à la même concentration.

Les sels qu'il employait étaient assez propres pour que, sans purification, on obtienne une perte de poids de 20 % en omettant le gallium et jusqu'à 62 % lorsque le milieu était purifié suivant sa technique.

Depuis, ce travail n'a été ni confirmé ni infirmé. Toutefois, plus récemment, Steinberg lui-même (2) n'a pu retrouver ses résultats puisqu'il n'obtient plus que des pertes de poids variant de 6,4 à 3,9 %, sauf dans un cas où il obtenait 15,6 %. Pas plus qu'en 1938, il n'a été fait de contrôle analytique du gallium pouvant rester dans le milieu.

Or le gallium semble assez répandu dans la nature (3), (4). Il était donc intéressant de reprendre cette question. Ayant en main une technique

(1) *J. Agricultural Research*, 57, 1938 p. 569.

(2) *Arch. Biochem.*, 28, 1950, p. 111.

(3) V. H. Goldschmidt et Cl. Peters, *Zür Geochimie des Galliums*, Berlin, 1931.

(4) D. Bertrand, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 578 et *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 8, 1941, p. 581.

permettant de doser ce métal jusqu'à la quantité minimum de 0,1 μg [4], il devient possible de montrer que l'extraction au cupferron faite dans les conditions de D. J. D. Nicholas et H. F. Fielding [5] n'enlève pas tout le gallium du milieu. Par contre, la technique de Swift [6], où l'on extrait le gallium en milieu chlorhydrique 6 N par de l'éther saturé d'acide chlorhydrique 6 N, semblait *a priori* parfaite ici puisque, d'après D. C. Grahame et G. T. Seaberg [7], le gallium peut être ainsi extrait même s'il est à des concentrations aussi faibles que 10^{-12} (contrôles faits avec du gallium radioactif).

Le milieu de culture utilisé est celui de Steinberg avec, pour des raisons analytiques évidentes, du chlorure d'ammonium comme source d'azote, soit : saccharose, 50 g; chlorure d'ammonium, 2,5 g; phosphate bipotassique, 350 mg; sulfate de magnésium hydraté, 250 mg; fer, 200 μg, zinc, 200 μg; cuivre, 50 μg; manganèse, 25 μg; molybdène, 20 μg; eau, quantité suffisante pour 1 l. Les récipients de 50 cm^3 sont en silice transparente, munis d'un couvercle et renferment 20 cm^3 de milieu exactement mesurés. Les poids secs sont en effet sensiblement proportionnels au volume du milieu de culture. La température est de 34° et la durée de culture de cinq jours. L'eau est bidistillée sous vide. Tel quel, le milieu conduit à une croissance normale.

Comme Gabriel Bertrand avait montré à propos du manganèse [8] que des souches variées avaient des sensibilités parfois très différentes, il a été ici employé deux souches : l'une de l'Institut Pasteur (I. P.), l'autre dite souche G provenant de la station de Long Ashton (Bristol), souches présentant des sensibilités déjà assez différentes pour divers oligo-éléments. Pour éliminer les petits écarts individuels des cultures, chaque essai comprenait un lot de 10 cultures identiques : dans ces conditions, un écart de 0,5 % devient significatif et reproductible. L'analyse des cultures faites sur ce milieu complet permet de trouver 0,6 mg de gallium au kilogramme sec. En admettant que tout le gallium soit absorbé, il y en avait donc de l'ordre de 10 μg/l de milieu.

Le saccharose peut aussi être purifié suivant la technique de Swift, mais il devient très difficile d'éliminer l'excès d'acide chlorhydrique, On se trouve ainsi réduit à des milieux trop riches en chlorure d'ammonium et les résultats pourraient prêter à la critique. Fort heureusement, s'il arrive de trouver jusqu'à 2 mg de gallium par kilogramme de sucre, on trouve des lots où il n'est pas possible d'en déceler, soit au plus 20 μg.

---

(5) *The J. of Horticultural Science*, **26**, 1951, p. 125.
(6) *J. Amer. Chem. Soc.*, **46**, 1924, p. 2377.
(7) *J. Amer. Chem. Soc.*, **60**, 1938, p. 2524.
(8) *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 616.

Dans ces conditions, toutes les cultures faites sur milieu purifié non additionné de gallium ont un poids très légèrement supérieur à celui des cultures faites sur le même milieu additionné de 10 μg de gallium au litre ([9]) (souches I. P. et G). L'analyse des thalles permet de retrouver 90 % (I. P.) ou 70 à 80 % (G) du gallium ajouté, alors que dans les témoins, il n'est pas possible d'en déceler permettant d'affirmer que s'il y en a, il s'agit d'au plus 1 μg/l. Conformément à l'observation déjà faite par Steinberg en 1950, les diverses tentatives de purification de sucre faites suivant ces techniques n'ont pas sensiblement amélioré les résultats. Toutefois avec certains lots de saccharose, il est possible de mettre en évidence des variations de poids analogues à celles trouvées par cet auteur en 1950, soit au plus ici 11,9 %. L'utilisation de ces lots et la purification totale du milieu suivant Steinberg n'améliore pas les résultats. Une étude plus détaillée a prouvé que l'on pouvait purifier un peu mieux le saccharose en provoquant dans la solution sucrée mise dans un récipient de silice transparente, un précipité colloïdal d'un phosphate insoluble, avant de le traiter par du carbonate de calcium, mais les résultats obtenus ne dépassent pas ceux donnés par les lots de saccharose les plus purs. Or, si avec les souches I. P. et G on fait l'étude du rendement en poids sec du thalle en fonction de la quantité de gallium, on remarque qu'il suffit d'un peu moins de 0,5 μg de gallium par litre de milieu pour obtenir l'optimum et qu'au-delà de 1 μg/l, le poids baisse très légèrement.

On peut donc conclure en disant que si le gallium est nécessaire pour l'*Aspergillus niger*, ce ne peut être — sauf éventuellement pour des souches exceptionnelles — qu'à des concentrations d'au plus 0,5 μg/l et qu'une vraiment bonne démonstration ne pourra en être donnée que le jour où il sera possible de purifier suffisamment le saccharose.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Quelques caractéristques cinétiques de l'action de la lumière sur la catalase des chloroplastes.* Note de M. **Jean Lavorel**, transmise par M. Jacques Duclaux.

L'inhibition de la catalase des chloroplastes par la lumière paraît résulter d'un équilibre entre une inactivation photochimique et une réactivation spontanée. Conséquences quant aux relations de la catalase avec l'appareil photochimique.

En conclusion d'une Note précédente ([1]), nous faisions appel à l'intervention de deux sortes de complexes intéressant la catalase des chloroplastes pour

([9]) Nitrate de gallium fait à partir d'acide nitrique redistillé et de gallium spectrographiquement pur provenant de M. Pascal.

([1]) J. Lavorel, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1074.

expliquer son inhibition par la lumière. Nous examinerons ces hypothèses à la lumière de quelques données nouvelles :

1° Une légère modification de la méthode classique de détermination de l'activité catalasique nous a permis d'opérer des mesures suffisamment rapprochées pour qu'il soit légitime de parler de la valeur instantanée de l'activité catalasique et de ses variations. On constate alors pour une intensité lumineuse assurant la saturation de l'effet, que, à partir de l'instant où débute l'illumination, la constante de vitesse s'établit progressivement (en 1 à 2 mn) à la valeur qui caractérise l'inhibition. Après retour à l'obscurité, elle reprend sa valeur initiale, suivant environ le même délai.

La réversibilité de l'effet permet d'écarter d'emblée l'éventualité d'une simple destruction photochimique de la catalase. De plus, l'existence de périodes transitoires au début et à la fin de l'illumination indique que l'inhibition résulte d'un état d'équilibre stationnaire entre deux modifications inverses : une inactivation photochimique et une réactivation spontanée.

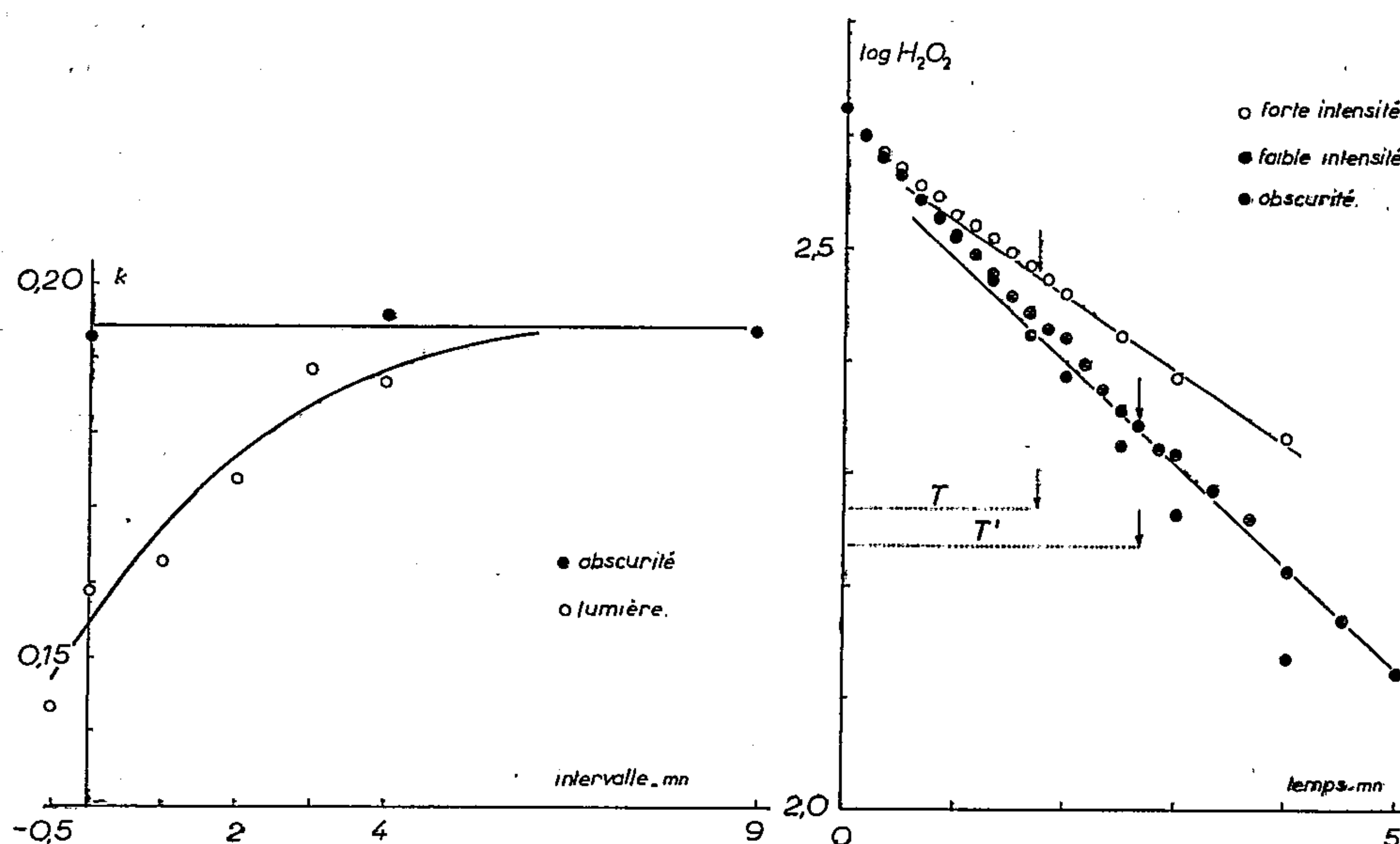


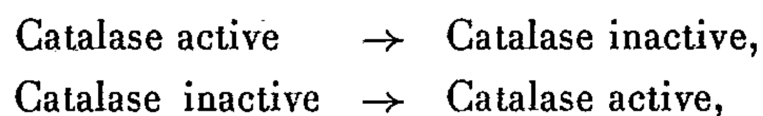
Fig. 1. Fig. 2.

2° En présence de ces hypothèses, il était important de savoir si l'H_2O_2 ajoutée pour le test était indispensable à la manifestation de l'inhibition. Or, ce n'est pas le cas. En effet, si l'on distribue une courte période d'illumination (1 mn) à des intervalles de temps variables avant l'addition, à l'obscurité, de l'H_2O_2, la constante de vitesse mesurée aussitôt après cette addition croît régulièrement en fonction de la longueur de cet intervalle jusqu'à sa valeur normale à l'obscurité (*fig.* 1). L'apparition comme la disparition de l'inhibition

sont donc essentiellement indépendantes de la présence de l'H_2O_2 dans le milieu.

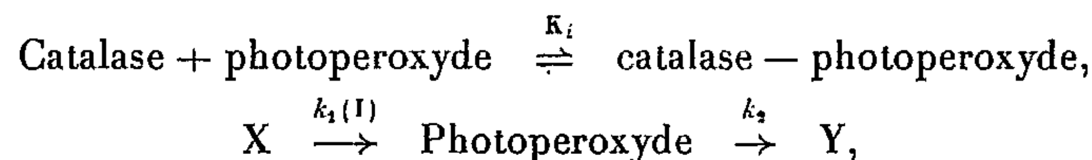
3° Nous avons déjà signalé que l'inhibition se sature très rapidement en fonction de l'intensité lumineuse. Il était intéressant de comparer les périodes transitoires et les niveaux stationnaires d'inhibition en faible intensité ($0,3.10^{-10}$ quanta mol/s. cm^2) et en forte intensité (20.10^{-10} quanta mol/s. cm^2). Sur la figure 2, on a porté en fonction du temps les valeurs de $\log(H_2O_2)$ pour ces deux intensités ainsi qu'à l'obscurité. Les pentes des courbes sont proportionnelles aux activités. On constate que la période transitoire est notablement plus courte en forte intensité (T) qu'en faible intensité (T') et que les niveaux stationnaires d'inhibition ne semblent pas devoir se confondre.

Il apparaît, d'après les paragraphes 1 et 3, que ce phénomène doit obéir à un mécanisme général du type :


Catalase active → Catalase inactive,
Catalase inactive → Catalase active,

la première réaction étant sous la dépendance de l'intensité lumineuse, la seconde étant spontanée. On peut tenter de préciser cela de deux manières :

1° Sur la base d'une formation de combinaisons catalytiquement inactives d'intermédiaires de la photosynthèse soit avec la catalase, soit avec le complexe catalase-H_2O_2. D'après le paragraphe 2, le second cas semble écarté quoique les chloroplastes illuminés puissent dans certaines conditions former de l'H_2O_2. Cependant on ne connaît pas de complexe ternaire de la catalase. Dans le premier cas, l'inhibition pourrait résulter de la combinaison de la catalase avec un photoperoxyde suivant le schéma


$$\text{Catalase} + \text{photoperoxyde} \overset{K_i}{\rightleftharpoons} \text{catalase} - \text{photoperoxyde},$$
$$X \xrightarrow{k_1(I)} \text{Photoperoxyde} \xrightarrow{k_2} Y,$$

analogue au schéma général.

2° Sur la base d'une modification chimique de la molécule de catalase pouvant porter ailleurs que sur le groupe prosthétique. A cet égard, il faut signaler une analogie entre cette hypothèse et celle qu'ont formulée S. Weller et J. Franck [2] pour expliquer l'inhibition de la photosynthèse par l'hydroxylamine : l'enzyme sensible, responsable de la libération de l'O_2 serait continuellement activé par la lumière et désactivé par une réaction spontanée. Or, il ne serait pas étonnant que l'enzyme en question et la catalase soient étroitement apparentés. Il est donc tentant de considérer les deux phénomènes comme deux manifestations complémentaires d'un même processus.

([2]) *J. Phys. Chem.*, 45, 1941, p. 1268.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Origine des chaînes carbonées de la valine et de la leucine chez* Escherichia coli. Note de M. **Georges N. Cohen** et Mme **Marie-Louise Hirsch**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Biosynthèse des précurseurs de la valine et de la leucine par des suspensions cellulaires d'*Escherichia coli* agissant sur le pyruvate. Exclusion de la thréonine comme intermédiaire de la réaction pyruvate → valine.

Nous avons montré récemment que chez *Escherichia coli*, la L-thréonine dérive de l'acide L-aspartique par l'intermédiaire de la L-homosérine ([1]), ([2]), ([3]), ([4]).

A la suite des travaux de H. E. Umbarger et E. A. Adelberg ([5]), on admettait jusqu'à récemment que les chaînes carbonées de la L-valine et de la L-isoleucine dérivaient de la L-thréonine. Par la suite, H. E. Umbarger ([6]) abandonna ce point de vue en ce qui concerne la valine. Indépendamment, H. Amos et G. N. Cohen ([7]), ([8]) et H. E. Umbarger ([6]) montrèrent que la L-isoleucine dérive de la L-thréonine, ce qui fut confirmé par les expériences d'Adelberg ([9]) utilisant de la L-thréonine marquée dans divers atomes de carbone. Cet auteur a montré, à l'aide d'un mutant de *Neurospora*, accumulant la dihydroxyvaline (DHV) et la dihydroxyisoleucine (DHI), précurseurs des deux amino-acides correspondants, que la radioactivité de la thréonine s'incorpore dans la molécule de DHI, mais pas dans celle de DHV. Ceci exclut la thréonine comme précurseur de la valine. Nous sommes arrivés indépendamment à la même conclusion :

Des suspensions cellulaires d'*Escherichia coli*, agitées à l'air avec du pyruvate, en tampon phosphate de pH 7, synthétisent un corps se comportant comme la valine pour certains mutants exigeant cet amino-acide. Ce composé n'est cependant pas la valine, car il est impossible de détecter cette dernière à la chromatographie. D'autre part, les réserves d'azote

---

([1]) G. N. Cohen et M.-L. Hirsch, *J. Bact.*, 67, 1954, p. 182.

([2]) M.-L. Hirsch et G. N. Cohen, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2338.

([3]) B. Nisman, G. N. Cohen, S. B. Wiesendanger et M.-L. Hirsch, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1342.

([4]) G. N. Cohen, M.-L. Hirsch, S. B. Wiesendanger et B. Nisman, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1746.

([5]) *J. Biol. Chem.*, 192, 1951, p. 883.

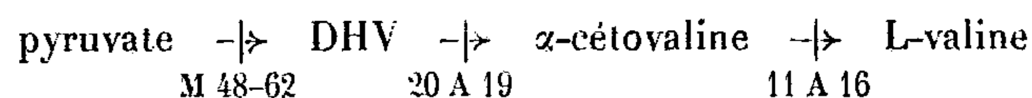
([6]) *J. Bact.*, 65, 1953, p. 203.

([7]) IIe *Congrès international de Biochimie*, résumés des communications, 1952, p. 73.

([8]) *Biochem. J.*, 57, 1954, p. 338.

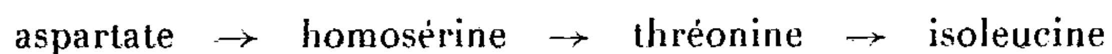
([9]) Communication personnelle.

des suspensions sont insuffisantes pour permettre une synthèse d'amino-acides à partir de pyruvate. Il s'agit donc d'un précurseur de la valine; ce composé permet la croissance des mutants M 48-62 (croissant sur DHV, α-cétovaline ou valine) et K 12-20 A 19 (croissant sur α-cétovaline ou valine). Il est donc vraisemblable qu'il se forme de l'α-cétovaline à partir de pyruvate. Cette conclusion est renforcée par les faits suivants : les suspensions du mutant M 48-62 bloqué avant DHV ne synthétisent à partir de pyruvate aucune substance permettant la croissance des mutants 20 A 19 et 11 A 16 (ce dernier exigeant spécifiquement la valine). Les suspensions du mutant 20 A 19 synthétisent à partir de pyruvate une substance permettant la croissance de M 48-62. Enfin, les suspensions du mutant 11 A 16 synthétisent une substance permettant aussi bien la croissance des mutants 20 A 19 et M 48-62. Ces résultats, si on les joint à ceux de Umbarger et Adelberg ([5]), permettent d'écrire le schéma suivant :



Dans les mêmes conditions, la recherche d'isoleucine ou de ses précurseurs s'est montrée absolument négative.

Si la valine dérivait de la thréonine, on devrait s'attendre à ce que des suspensions cellulaires de mutants exigeant la thréonine pour leur croissance soient incapables de synthétiser les précurseurs de la valine à partir de pyruvate. L'expérience nous a montré que les suspensions cellulaires de tels mutants, incapables de synthétiser la L-thréonine à partir d'aspartate, synthétisent un précurseur de la valine à partir de pyruvate; les mutants utilisés ont été les suivants : M 97-21, B 104, ML 54, B 174 et B 184. Dans l'état actuel de la question, il convient de considérer le schéma



comme indépendant du schéma représentant la synthèse de la valine.

Nous avons pu montrer, d'autre part, que les suspensions de *E. coli* ML, type sauvage, synthétisent également un précurseur de la leucine à partir de pyruvate. Ce précurseur permet la croissance du mutant ML 328 *c* (croissant sur α-cétoleucine ou leucine) ([10]).

La dérivation de la valine et de la leucine à partir du pyruvate concorde avec les résultats d'Abelson ([11]) utilisant la technique de compétition isotopique avec des cultures de *E. coli*.

([10]) M.-L. Hirsch et G. N. Cohen, *Biochem. J.*, 53, 1953, p. 25.
([11]) *J. Biol. Chem.*, 206, 1954, p. 335.

PHARMACOLOGIE. — *Étude pharmacodynamique d'un sel trivalent de cobalt.* Note de MM. **Michel Polonovski** †, **Jacques Gicquel** et **Henri Schmitt**, présentée par M. Léon Binet.

Si la pharmacologie des sels bivalents de cobalt a déjà été très étudiée, surtout par Le Goff, puis Caujolle et ses coll. ([1]), l'action physiologique des sels trivalents l'a beaucoup moins été. Cependant, le cobalt trivalent possède la propriété de donner naissance à toute une série de complexes dans lesquels le métal est masqué à ses réactifs habituels ([2]). Ceci nous a incités à en étudier les propriétés pharmacodynamiques de l'un d'entre eux, dans lequel le cobalt entre dans le cation : Le *nicotinate d'hexammine cobaltique.*

D'autre part, les seuls travaux portant sur l'action du cobalt employé conjointement à l'acide nicotinique, ont eu pour but de montrer que cette association empêche l'apparition de la polyglobulie cobaltique ([3]). Toutefois, le sel de cobalt utilisé est un sel cobalteux.

Les travaux publiés sur la toxicité du cobalt sont contradictoires. Les auteurs le prenaient d'abord pour un corps toxique ([4]), ([5]); il semble que cette toxicité puisse être attribuée aux impuretés arsénicales du métal; depuis, de nombreux auteurs ont conclu à la faible toxicité du cobalt ([6]), ([7]), ([8]).

La D. L. 50 du nicotinate d'hexammine cobaltique injectée par voie intraveineuse est de 45 mg/kg (méthode de Behrens et Kärber) voisine de celle des sols simples.

A des doses de 2 à 5 mg/kg chez le Chien chloralosé (10 cg/kg de chloralose), ce corps provoque une chute de la pression artérielle accompagnée de tachycardie. Cette hypotention est parfois précédée d'un léger crochet hypertensif, et dure de 15 à 20 mn. La chute de pression est proportionnelle à la dose injectée. Chez le Chat anesthésié au dial (0,7 cm^3/kg), nous avons observé des phénomènes identiques; toutefois, l'hypotension s'observe à des doses plus faibles.

Nous avons cherché à préciser le mécanisme de cette hypotension.

([1]) Caujolle et coll., *J. Phys. Path. gén.*, 38, 1941, p. 328.

([2]) Job, *Traité de Chimie minérale* (*Pascal*, 10, p. 721).

([3]) Gobell et Lang, *Arch. exp. Path. Parmakol*, 198, 1941, p. 73.

([4]) Gmelin, *Essai sur les eflets du* Ba, Sr, Ni *et* Ca *sur l'organisme des animaux*, Tubingen, 1824.

([5]) Kletzinsky, *Schmidts Jahrb. Medezin*, 104, 1859, p. 288.

([6]) Chittenden et Norris, *St from. t. Laboratory of physiol. chem.* (Yale University), 148, 1889.

([7]) Laffite, *Thèse Doctorat Pharmacie*, Toulouse, 1934.

([8]) Le Goff, *C. R. Soc. Biol.*, 186, 1928, p. 171 et 1636.

La section du tronc vago-sympathico-dépresseur, l'énervation des sinus carotidiens chez le Chien, la section bilatérale des nerfs dépresseurs, des nerfs vagues, de la chaîne sympathique chez le Chat ne diminue pas le pouvoir hypotenseur de ces corps. De même, l'injection d'atropine n'a aucun effet sur la baisse de pression. De plus, cette hypotension n'est pas modifiée par la section de la corde cervicale entre C_1 et C_2, ce qui élimine la possibilité d'une action directe ou réflexe sur les centres vaso-moteurs.

Toutefois, l'injection de ce complexe ne produit pas de modifications appréciables du tracé oncographique rénal qui suit passivement les variations de la pression artérielle générale; après injection de faibles doses de ce corps, on constate le plus souvent une légère vaso-dilatation splénique, mais aux fortes doses le tracé pléthysmographique suit les variations de la pression artérielle générale. Il faut donc rechercher dans un autre territoire l'origine de cette hypotension, probablement au niveau des membres comme pour les sels de cobalt.

Les effets hypertenseurs de l'adrénaline et de la noradrénaline, de l'occlusion carotidienne sont diminués après administration de 2 à 5 mg/kg de ce corps, comme avec les sels de cobalt en général.

Ce corps augmente la fréquence et l'amplitude des mouvements respiratoires de l'animal, dont les centres sont déprimés par l'injection préalable de morphine. Chez le Chien chloralosé par contre, on observe souvent une diminution de ceux-ci.

A partir de 2 mg/kg, ce corps provoque une chute du tonus et du péristaltisme de l'intestin du chien dont on enregistre les contractions par la méthode dite du ballonet. Faisant suite à cette chute, les contractions intestinales sont augmentées durant 45 mn à 1 h.

Les hexammines cobaltiques ont des actions pharmacologiques voisines des sels simples de cobalt. Le cobalt semble jouer le rôle important dans l'orientation des propriétés physiologiques.

MICROBIOLOGIE. — *Recherches sur les diastases microbiennes. Sur la vitesse d'élaboration des diastases gélatinolytiques et fibrinolytiques par certains germes protéolytiques*. Note (*) de MM. **Raoul Kourilsky** et **Rémy Richou**, présentée par M. Gaston Ramon.

Poursuivant nos recherches sur les diastases gélatinolytiques et fibrinolytiques que divers germes se montrent capables d'élaborer dans les milieux de

(*) Séance du 29 novembre 1954.

TABLEAU I.

Pouvoir gélatinolytique (en unités).

Filtrat de	Après 24 h de culture.	Après (jours de culture). 2.	4.	6.	10.	15.	20.
Proteus n° 1.......	+ 1 – 3	+ 10 – 30	+ 100 – 300	–	–	–	–
Proteus n° 2.......	+ 10 – 50	+ 100 – 300	–	+ 1 000 – 3 000	+ 3 000 – 5 000	+ 3 000 – 5 000	+ 3 000 – 5 000
Proteus n° 3.......	+100 –300	+ 500 – 800	+ 500 – 800	+ 1 000 – 3 000	+ 1 000 – 3 000	+ 1 000 – 3 000	+ 1 000 – 3000
Proteus n° 4.......	+ 5 – 7	+ 30 – 50	+ 300 – 500	+ 100 – 300	+ 30 – 50	+ 10 – 30	–
Proteus n° 5.......	+ 10 – 30	+ 100 – 300	–	+ 100 – 300	+ 300 – 500	+ 1 000 – 3 000	1 000
P. æruginosa n° 1..	+ 3 – 10	+1 000 –3 000	+3 000 – 5 000	–	–	–	–
P. æruginosa n° 2..	+ 50 –100	+1 000 –5 000	+5 000 –10 000	+10 000 –30 000	+30 000 –50 000	–	–
P. æruginosa n° 3..	+ 50 –100	5 000	–	+10 000 –30 000	+20 000 –30 000	+20 000 –30 000	+20 000 –30 000

TABLEAU II.

Pouvoir fibrinolytique (en unités).

Filtrat de	Après 24 h de culture.	Après (jours de culture). 2.	4.	6.	10.	15.	20.
Proteus n° 1.......	–1	1	+ 1 – 3	–	–	–	–
Proteus n° 2.......	–1	+ 1 – 3	–	+ 3 – 10	30	+ 30 – 50	+ 30 – 50
Proteus n° 3.......	+3 –10	+10 –30	+10 – 30	+ 50 –100	+ 50 –100	+ 50 –100	+ 50 –100
Proteus n° 4.......	0	+ 1 – 3	+10 – 30	+ 3 – 10	+ 3 – 10	+ 1 – 3	–
Proteus n° 5.......	1	+ 3 –10	–	+ 3 – 10	+ 10 – 30	+ 10 – 30	+ 10 – 30
P. æruginosa n° 1..	–1	+10 –30	+50 –100	–	–	–	–
P. æruginosa n° 2..	1	+10 –30	+80 –100	+100 –300	+300 –500	–	–
P. æruginosa n° 3..	–1	30	–	+100 –300	+100 –300	+100 –300	+100 –300

culture appropriés ([1]), nous avons étudié, dans le temps, la production de ces diastases.

Un certain nombre de ballons d'un litre, renfermant chacun 250 cm^3 de milieu à base de digestion papaïnique de viande de cheval, étaient ensemencés avec la même souche microbienne, soit de *Proteus* soit de *P. æruginosa*, et placés à l'étuve à 26°. Le contenu de chaque ballon était filtré sur bougies L_2 ou L_3 après des temps de culture différents : 24 h, 2, 4, 6, 10, 15 et 20 jours. Les principes gélatinolytiques et fibrinolytiques étaient évalués dans chacun des filtrats ainsi obtenus.

Les tableaux ci-dessus rendent compte de certains des résultats enregistrés.

On constate, à l'examen de ces tableaux, que les titres gélatinolytiques et fibrinolytiques des filtrats de culture de *Proteus* et de *P. æruginosa*, relativement faibles après 24 h de culture, augmentent après 48 h d'une façon notable pour les filtrats de *Proteus* et considérablement pour ceux de *P. æruginosa*. Ils atteignent, en général, leur maximum entre le 6e et le 10e jour de culture, puis restent stationnaires.

Toutefois, pour quelques filtrats, nous avons constaté, à partir du 6e jour, une baisse très nette des titres gélatinolytiques et fibrinolytiques dont nous recherchons présentement la cause.

Dans la pratique, il apparaît donc nécessaire, pour l'obtention de filtrats de culture d'un germe, doués de pouvoirs gélatinolytiques et fibrinolytiques aussi élevés que possible, de poursuivre la culture de ce germe pendant 6 à 10 jours ([2]).

VIROLOGIE. — *Séparation de deux constituants antigéniques du virus aphteux au moyen de l'électrophorèse dans l'amidon.* Note de MM. **Jean Hirtz** et **Raoul Camand**, présentée par M. Gaston Ramon.

Nous avons indiqué antérieurement ([1]) que l'électrophorèse dans un bloc d'amidon permet d'envisager l'existence d'au moins deux constituants antigéniques dans les préparations de virus aphteux. Les travaux de Bradish et coll. ([2]) ont montré que l'ultracentrifugation sépare dans les solutions de virus aphteux un composant infectieux et fixant le complé-

---

([1]) Consulter R. Richou et R. Kourilsky, *Revue d'Immunologie*, 18, 1954, p. 140.

([2]) On sait que ce type de culture convient également bien à l'élaboration, par certains germes (*b.* diphtérique, *b.* tétanique, staphylocoque), d'exotoxines de valeur antigène élevée.

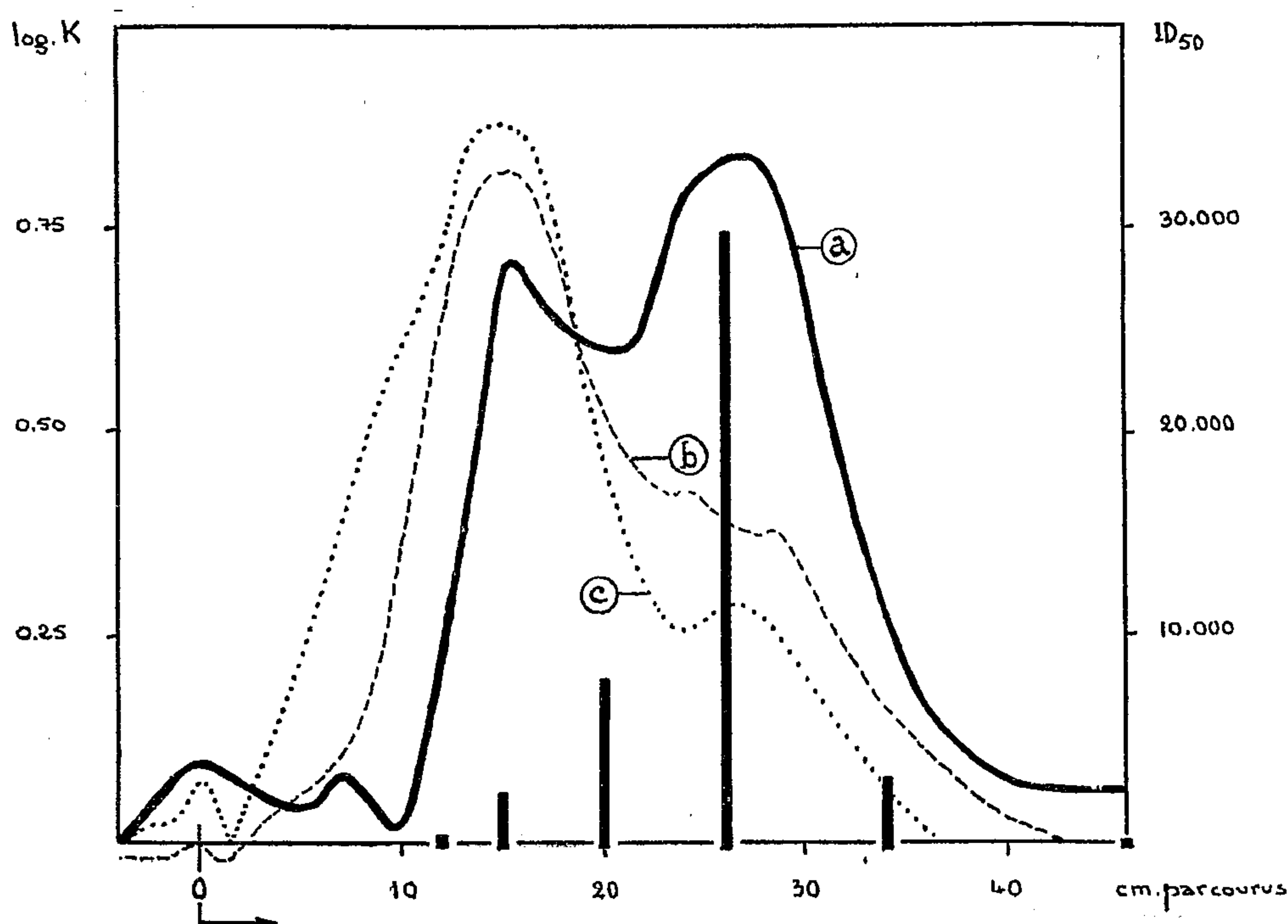
([1]) *Rev. Immunol.*, 18, 1954, p. 206-213.

([2]) C. J. Bradish, J. B. Brooksby, J. F. Dillon et M. Norambuena, *Proc. Roy. Soc.*, B, 140, 1952, p. 107-127.

ment de constante de sédimentation 70 S, et un composant fixant le complément probablement non infectieux de constante de sédimentation 8 S.

Le présent travail a pour but de démontrer que l'électrophorèse met en évidence dans le virus aphteux type C, deux constituants apparemment comparables à ceux que révèle l'ultracentrifugation.

La lymphe bovine virulente est soumise à l'électrophorèse dans un bloc d'amidon de 100 × 9 × 0,4 cm humecté d'un tampon véronal sodique-acétate de sodium-HCl, $\mu = 0,15$, pH 7,8. On fait passer un courant de 25 mA sous 500 V pendant 72 h. L'appareil, placé dans une chambre à 2°, est refroidi par ventilation. Une percolation de tampon dans les vases à électrodes s'oppose à la migration des produits d'électrolyse dans le bloc d'amidon. A la fin de l'opération le bloc est découpé en 100 tranches de 1 cm; chaque tranche est éluée dans 2,5 ml de tampon. Sur les 100 éluats, on mesure le pouvoir de fixation du complément et sur certains d'entre eux on titre l'infectiosité sur des souriceaux.



(*a*), Virus normal; (*b*), Virus inactivé 20 mn à 56°; (*c*), Virus inactivé 60 mn à 56°.

En abscisse les centimètres parcourus vers le pôle + à partir du point d'introduction du virus dans le bloc. Les traits verticaux représentent les titres d'infectiosité du virus normal (*a*) en unités infectieuses à 50% ID_{50}. L'ordonnée des courbes est exprimée en log des doses de complément fixé (log K).

Diverses expériences ont été faites. Nous rapportons ici (*figure*) les résultats obtenus avec une lymphe normale (*a*) et avec la même lymphe chauffée soit 20 mn (*b*), soit 60 mn (*c*) à 56° de façon à supprimer son infec-

tiosité. Ces résultats expérimentaux montrent que le constituant le plus rapide correspond au virus « complet » infectieux et fixant le complément, tandis que le constituant le plus lent correspond à un virus « incomplet » fixant le complément, mais probablement peu ou pas infectieux. Si la solution est inactivée par chauffage, une partie du virus « complet » disparaît en même temps que l'infectiosité, augmentant la quantité de virus « incomplet ». A l'heure actuelle, il ne semble cependant pas que le virus « incomplet » soit nécessairement un produit de dégradation du virus « complet ». Les résultats d'études faites à ce sujet paraîtront ultérieurement.

SÉROLOGIE. — *Sur un effet humoral de l'adrénaline.* Note de MM. **Michel Gleye** et **Georges Sandor**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Sous l'effet de l'adrénaline le taux sérique de l'albumine diminue sensiblement, celui des globulines reste constant.

En pathologie humaine on observe très souvent une diminution du rapport : albumine/globulines. Comme cette diminution survient très rapidement dans les atteintes graves de l'état général, il était à supposer qu'elle soit liée de quelque manière à ce que Selye a appelé le « syndrome d'adaptation » (1). Il est admis que l'adrénaline est le *primum movens* dans ce syndrome (2). Aussi, il nous a paru intéressant d'étudier son influence sur l'albumine sérique.

Une série d'expériences préliminaires nous a montré que le traitement par l'adrénaline augmente considérablement la diminution du taux sérique de l'albumine produite chez le Cobaye par des saignées répétées. Par contre, qu'il s'agisse de saignées seules ou de saignées associées à des injections d'adrénaline le taux des globulines est maintenu ou augmenté même légèrement.

Pour éliminer l'influence de la saignée, nous avons fait l'expérience cruciale suivante :

On prend 17 cobayes d'un même lot parmi lesquels on choisit au hasard 8 qui serviront de témoins. Aux 9 restants on injecte 0,5 mg de chlorhydrate d'adrénaline dissoute dans l'eau physiologique, répartis en 5 injections intrapéritonéales pendant la journée. Aux témoins on injecte de l'eau physiologique dans les mêmes conditions. 48 h après les 17 cobayes subissent un prélèvement de sang par ponction cardiaque et l'albumine

---

(1) H. Selye, *Ann. Endocrinologie*, 7, 1946, p. 289.

(2) C. N. H. Long, *Federation Proceedings*, 6, 1947, p. 2; T. E. Dougherty, *Physiol. Rev.*, 32, 1952, p. 379.

est dosée dans leur sérum suivant la méthode à l'alcool de L. Pillemer et M. C. Hutchinson (3) (comme on le sait, seule capable de donner le taux réel de l'albumine). Ci-après nous avons réuni les résultats dans un tableau.

Le taux moyen d'albumine passe de 2,93 à 2,45 % de sérum. Le comportement individuel des cobayes est tout aussi significatif. Les taux de l'albumine sérique oscillent entre 2,78 et 3,47 % chez les cobayes qui n'ont pas été traités par l'adrénaline, alors que parmi ceux qui ont reçu des injections d'adrénaline un seul possède un taux de 2,89 %, les concentrations de l'albumine oscillent chez tous les autres entre 2,6 et 1,84 %.

Influence de l'adrénaline sur le taux sérique de l'albumine chez le Cobaye.

Albumine pour 100 de sérum.			Albumine pour 100 de sérum.	
Cobayes traités par l'adrénaline.	Témoins.		Cobayes traités par l'adrénaline.	Témoins.
2,43	2,93		2,59	2,82
1,84	2,76		2,89	2,91
2,42	3,47		2,31	2,78
2,60	2,89		2,44	–
2,57	2,90		–	–
		Moyenne...	2,45	2,93

A priori l'adrénaline pourrait agir soit par une influence sur le métabolisme, soit d'une manière vasomotrice. Ainsi une augmentation de la perméabilité capillaire augmenterait préférentiellement la diffusion de l'albumine, protéide à poids moléculaire relativement faible. Mais une telle action de l'adrénaline n'est pas connue par les physiologistes. D'autre part, il est à noter que nous n'avons jamais observé d'exsudat péritonéal à la suite de l'injection d'adrénaline.

Par contre, l'influence catabolisante de l'adrénaline est bien connue (4) et l'on admet même que son action sur les muscles lisses et squelettiques s'exerce par l'intermédiaire du métabolisme (5). Alors, logiquement, nous devons rapporter la diminution de l'albumine sérique à un effet catabolisant de l'adrénaline sur les protéides tissulaires [que cet effet s'exerce directement ou par l'intermédiaire des cortico-stéroïdes dont l'hypersécrétion est une conséquence obligatoire de toute injection d'adrénaline (2)]. L'organisme ferait appel préférentiellement à l'albumine sérique

(3) *J. Biol. Chem.*, 158, 1945, p. 299.

(4) *Voir*, par exemple : E. Rothlin et A. Cerletti, *Helv. Physiol. et Pharmacol. Acta*, 10, 1952, C 24.

(5) K. H. Beyer, *Physiol. Rev.*, 26, 1946, p. 169.

pour remplacer ses protéides tissulaires (6). Si cette hypothèse se confirmait, les hypoalbuminémies des états graves devraient être rapportées plus particulièrement au bilan azoté négatif dont s'accompagnent ces états (7).

IMMUNOLOGIE. — *Propriétés vaccinantes de la toxine* R_2 *du bacille typhique.* Note de Mlle **Monique Digeon** et M. **Marcel Raynaud**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La toxine extraite des formes Rough de *S. typhi*, à condition d'être administrée en cinq injections avec adjonction de phosphate d'alumine ou de mélange de Freund, vaccine la Souris contre une dose mortelle de suspension de germes tués appartenant à diverses espèces de *Salmonella* (*S. typhi* O + Vi ; *S. paratyphi* A et B ; *S. enteritidis*).

Nous avons indiqué dans diverses publications antérieures (1), (2), (3), (4), le mode de préparation et certaines propriétés de la toxine extraite des formes Rough de *S. typhi*. La nouvelle préparation soluble obtenue, toxine *a*, se conserve facilement à basse température sans altération apparente en restant soluble dans l'eau. Nous avons recherché ses propriétés vaccinantes chez la Souris (souris blanches de 20 g). Après une ou plusieurs injections de toxine *a* à dose variable, les animaux ont été éprouvés avec une dose minima mortelle (D.M.M.) de la même toxine.

Si l'on vaccine les souris par une seule injection avec des doses comprises entre 0,01 et 1 mg (d'une toxine dont la D. M. M. = 1 mg), on constate que les animaux ainsi préparés ne présentent aucune immunité. Si l'on vaccine les animaux par trois injections à huit jours d'intervalle avec 0,1 mg d'une toxine (dont la D. M. M. est de 0,25 mg), additionnée d'alun de potassium, le résultat est analogue : les animaux vaccinés meurent dans les mêmes délais que les animaux neufs. La toxine *a* ne possède donc que des propriétés immunogènes très faibles. A la suite de nombreux essais négatifs, nous avons pu augmenter son pouvoir immunogène par adjonction soit du mélange de Freund (5), soit de phosphate d'alumine préparé selon L. B. Holt (6).

L'emploi de ces adjuvants diminue la toxicité, si bien que l'on peut injecter aux animaux des doses qui seraient mortelles en solution aqueuse sans

---

(6) S. C. Madden et G. H. Whipple, *Physiol. Rev.*, 20, 1940, p. 194.

(7) J. P. Peters, *Ann. New-York Acad. Sc.*, 47, 1946, p. 327.

(1) M. Raynaud et M. Digeon, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 564.

(2) M. Digeon, M. Raynaud et A. Turpin, *Ann. Inst. Pasteur*, 82, 1952, p. 206.

(3) B. Bizzini, M. Digeon et M. Raynaud, *Ann. Inst. Pasteur*, 87, 1954, sous presse.

(4) M. Digeon, R. Mangalo, A. Turpin et M. Raynaud, *Ann. Inst. Pasteur*, 1955, à paraître.

(5) J. Freund et K. Mc Dermott, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 49, 1942, p. 548.

(6) L. B. Holt, *The Developments in Diphteria Prophylaxis*, 1 vol., London, 1950, p. 173.

adjuvants. Parmi les animaux ainsi immunisés par six à huit injections, nous avons prélevé vingt souris préparées avec la technique de Freund (série 1) et trente souris préparées avec adjonction de phosphate d'alumine (série 2). La dose totale de toxine injectée était de 5 mg. Éprouvés par une dose minima mortelle de toxine *a* en solution aqueuse, ils ont survécu dans une très grande proportion (série 1 : 18/20; série 2 : 28/30). Ils ont alors reçu une D. M. M. de suspension de germes tués par chauffage à 60° appartenant à diverses espèces. Les résultats sont rapportés au tableau. On a indiqué le nombre de survivants par rapport au nombre total d'animaux inoculés.

Germes tués utilisés pour l'épreuve.	Résultats. Animaux vaccinés.	Témoins.
Série 1 (*mélange de Freund*).		
S. paratyphi A (Rough)........	8/8	1/8
S. paratyphi Bj (Smooth)......	8/10	2/10
Série 2 (*phosphate d'alumine*).		
S. typhi R_2....................	5/8	0/8
S. typhi Ty 2 (O + Vi).........	7/10	0/10
S. enteritidis Danysz...........	9/10	0/10

La toxine extraite des formes Rough de *S. typhi* est donc capable de vacciner les animaux contre l'action toxique des endotoxines de diverses *Salmonellas* Smooth à antigènes somatiques immunologiquement très différents.

La séance est levée à 16 h 35 m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 22 novembre 1954.)

Note présentée le 15 novembre 1954, de M. *Pierre-A. Jacquet* et Mme *Adrienne-R. Weill*, Sur quelques cas de polygonisation non provoquée d'alliages industriels :

Page 1385, *disposer les figures comme ci-dessous :*

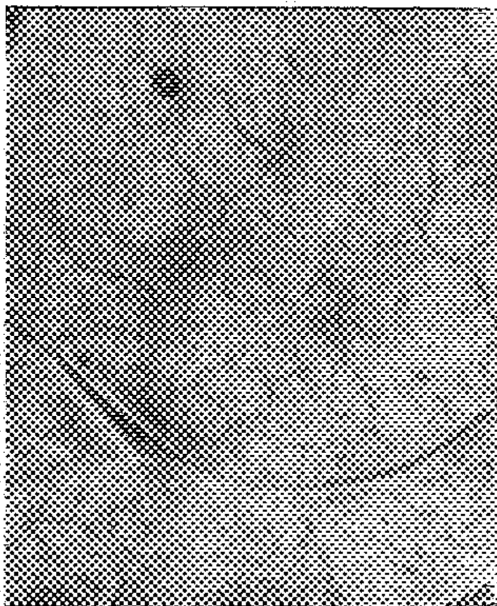


Fig. 1. (g = 400)

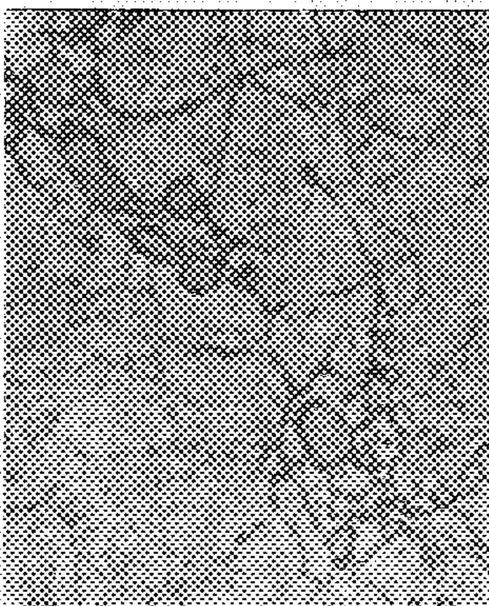


Fig. 2. (g = 1300)

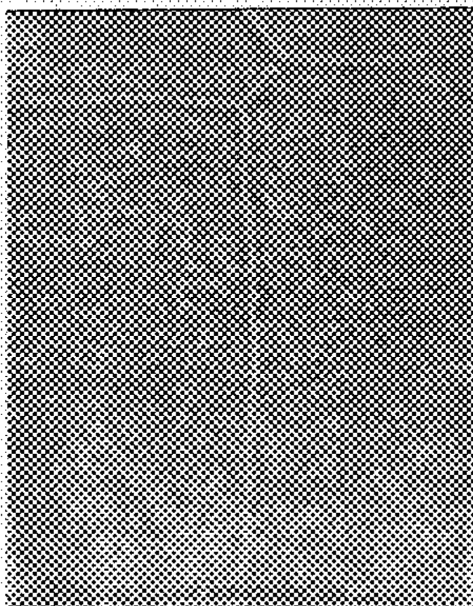


Fig. 3. (g = 340)

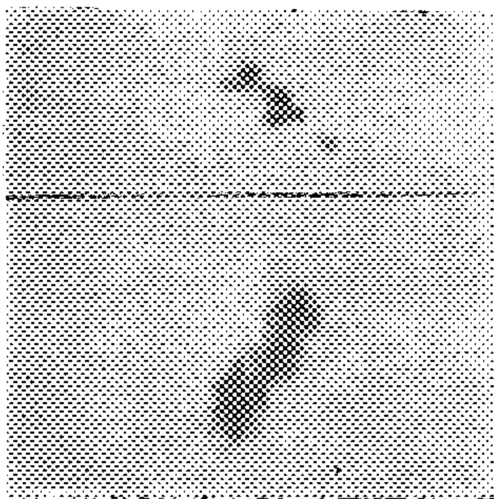


Fig. 4.

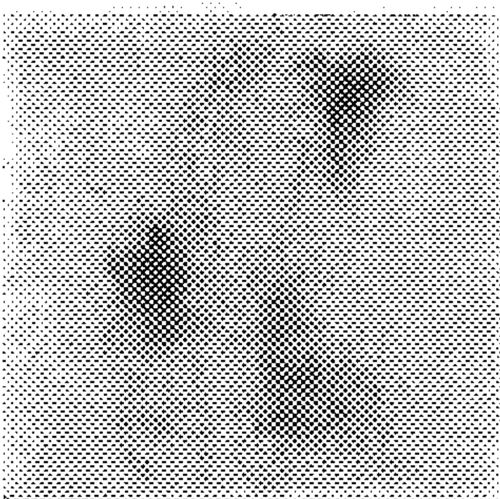


Fig. 5.

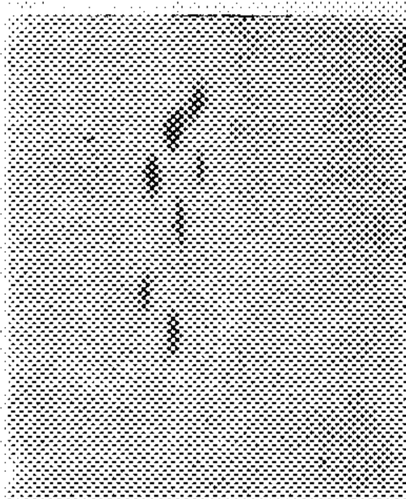


Fig. 6.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1954.

Contribution du laboratoire d'astronomie de Lille, nº 2. (Supplément à l'Astronomical News Letter nº 73). Numéro spécial à l'occasion du colloque international de Liège, sur *Les particules solides dans les objets astronomiques*. Section V. Le rôle des poussières dans l'origine et l'évolution des astres. *Travaux de V. G. Fessenkoff et D. A. Rojkovsky sur la formation des étoiles à partir des filaments de nébuleuses diffuses*, par V. KOURGANOFF; 1 fasc. polycopié, 27 cm.

Université de Paris. Les Conférences du Palais de la découverte. Série D, nº 32. *L'histoire de la géométrie descriptive*, par RENÉ TATON; 1 fasc. 18 cm.

Institut des Parcs nationaux du Congo belge. *Exploration du Parc national de la Garamba*. Mission Henri De Saeger, en collaboration avec P. Baert, G. Demoulin, I. Denisoff, J. Martin, M. Micha, A. Noirfalise, P. Schoemaker, G. Troupin, J. Verschuren. Fasc. 1. *Introduction*, par HENRI DE SAEGER. Bruxelles, 1954; 1 vol. 28,5 cm.

*La stabilité transversale de vol et quelques recherches de l'*O. N. E. R. A., par MAURICE ROY. Châtillon-sous-Bagneux, Office national d'études et de recherches aéronautiques, 1954; 1 fasc. 27 cm.

Les annales du Collège international pour l'étude scientifique des techniques de production mécanique. Vol. II, 1953. Lausanne-Suisse, Microtecnic, Édition Scriptar S. A.; 1 fasc. 29,5 cm.

World Population and World Food Supplies, by JOHN RUSSELL. London, George Allen and Unwin Ltd, s. d.; 1 vol. 24 cm.

The Royal Society, by D. C. MARTIN. Reprinted from *Journal* of the Royal Institute of Chemistry, 1954; 1 fasc. 24 cm.

International union of biological sciences. Série B, nº 15. *Symposium on genetics of population structure*. Istituto di Genetica Universita di Pavia, Italy, august 20-23, 1953. Naples, Secrétariat général de l'U. I. S. B., 1954; 1 vol. 24 cm (présenté par M. L. Fage).

Glasgow University calendar 1954-1955, published by The University. Glasgow, Jackson. Son and Cº Ltd, 1954; 1 vol. 22 cm.

État du Vietnam. *Archives des recherches agronomiques et pastorales au Vietnam*. Nº 22, 1954. *Les plantes médicinales du Cambodge, du Laos et du Vietnam*. T. III, *Amarantacées à Selaginellacées* et *Supplément*, par ALFRED PETELOT. Imprimé par les soins de l'aide économique américaine; 1 vol. 27,5 cm.

Hommage à Henri Poincaré (1854-1912), par PAUL BLOCH-DASSAULT, MAURICE ROY et RENÉ DUGAS, in *Annales des mines*, 143e année, 1954; 1 fasc. 26 cm.

Extraits des *Annales de la Société géologique du Nord*. T. LXVII, 1947, p. 87 : *L'anticlinal d'Éteignières et ses rapports avec la région de Rimogne* (*Massif cam-*

brien de Rocroi). Id. p. 107 : *Le massif cambrien de Rocroi et l'hypothèse du charriage*. Id. p. 183 : *Découverte de deux fragments de patte-mâchoire d'*Arthropleura (*Archéocrustacé*) *du terrain houiller sarro-lorrain*, par GÉRARD WATERLOT. T. LXVIII, 1948, p. 76-89. *Le Turonien et le Cénomanien dans quelques forages de la région d'Etrœungt, La Capelle, Le Nouvion et Landrecies* (*Nord*). *Hydrogéologie*, par F. JOLY et GÉRARD WATERLOT. T. LXIX, 1949, p. 198-206 : *Les alluvions de la Meuse et leur substratum dans l'Ile-à-Bord et aux environs immédiats, commune de Chooz* (*Ardennes*). Id. p. 278-282 : *Résultats géologiques et hydrogéologiques du forage de Warcove, commune d'Audembert* (*Pas-de-Calais*). Id. p. 351 : *Sur l'abaissement de la pluviométrie à Lille dans ses rapports avec les nappes aquifères au cours du dernier quart de siècle*. T. LXX, 1950, p. 155 : *Nouveaux Dictyospongides dans les psammites famenniens de Bousignies-sur-Roc, près de Cousolre* (*Nord*). Id. p. 79-109 : *L'évolution du chimisme des eaux du Calvaire carbonifère de Lille-Roubaix-Tourcoing et régions limitrophes*, par GÉRARD WATERLOT. T. LXXI, 1951, p. 124 : *Le Dévonien rencontré par forage à Lomme* (*Nord*). *Stratigraphie du Dévonien supérieur du sous-sol de Lille d'après les forages de Lille, Lomme et Haubourdin*, par CH. CHARTIEZ et GÉRARD WATERLOT. T. LXXII, 1952, p. 3 : *Un aven fossile, sous-revêtement crétacé, dans le calcaire carbonifère du Nouvion-en-Thierache* (*Aisne*), par GÉRARD WATERLOT. Id. p. 134 : *Phénomènes périglaciaires dans le Nord de la France*, par G. DELOFFRE et GÉRARD WATERLOT. T. LXXIII, 1953, p. 56 : *Sur la terminaison occidentale des bandes devilliennes du Massif cambrien de Rocroi*, par GÉRARD WATERLOT. Lille, Imprimerie centrale du Nord; 14 fasc. 21,5 cm.

Extraits du *Bulletin de la carte géologique de France*, n° 211. T. XLIII, 1942 : *L'Anticlinal du Loudunais aux environs de Montreuil-Bellay* (*Feuille de Saumur au* 1/80 000ᵉ). N° 212. T. XLIV, 1943 : *Observations géologiques aux environs de Thouars et Loudun* (*Feuille de Saumur au* 1/80 000ᵉ). N° 225. T. XLVII, 1948 : *Le Cambrien du massif de Rocroi dans le secteur de Bourg-Fidèle, Les Mazures et Rimogne*. N° 231. T. XLVIII, 1950 : *Effets des plissements anté-cénomaniens dans le Jurassique de La Rochelle* (*Feuille de La Rochelle au* 1/80 000ᵉ), par GÉRARD WATERLOT. N° 232. T. XLIX, 1951 : *Observations géologiques dans le secteur de Montalembert* (*Feuilles de La Rochelle au* 1/320 000ᵉ *et Saint-Jean d'Angély au* 1/80 000ᵉ), par GÉRARD WATERLOT et JEAN POLVÊCHE. N° 237. T. L, 1952 : *Observations sur les divisions du Jurassique supérieur, le Sidérolithique et le Presle quaternaire du quart N.-E. de la feuille de La Rochelle au* 1/80 000ᵉ, par GÉRARD WATERLOT et JEAN POLVÊCHE. N° 239. T. LI, 1953 : *Structure géologique de l'Aunis* (*Feuille de La Rochelle au* 1/80 000ᵉ), par GÉRARD WATERLOT et JEAN POLVÊCHE. Paris et Liége, Librairie polytechnique Ch. Béranger; 7 fasc. 24,5 cm.

L'évolution de l'Ardenne au cours des diverses phases des plissements calédoniens et hercyniens, par GÉRARD WATERLOT. Extrait du *Bulletin de la Société géologique de France*, 5ᵉ série. T. XV, 1945; 1 fasc. 25,5 cm.

A new suspension of the magnetic needle, by A. GLAZEWSKI. Reprinted from *Radio-Perception*. Vol. XI, 80, 1953; 1 fasc. 21,5 cm.

Extraits des *Mémoires de la Société d'histoire naturelle du Doubs*, n° 51, 1947 : *Le genre Goniolina. A propos de la découverte de* Goniolina geometrica *à Avrigney* (*Haute-Saône*), et *Observations sur le Synclinal de Longemaison. Sur le Callovien des environs de Besançon*, par ANTOINE BONTE. Besançon, Imprimerie de l'Est, 1947; 2 fasc. 24 cm.

Extraits du *Bulletin de la carte géologique de France*. N° 212. T. XLIV, 1943 : *Feuille de Besançon au* 1/50 000ᵉ. *La zone des avant-monts entre Châtillon-le-Duc et Miserey* (*Doubs*). N° 221. T. XLVI, 1945-1946. *Feuille de Besançon au* 1/50 000ᵉ. *La tranchée de*

Miserey (Doubs). La tranchée de la rue de la Pernotte à Besançon et *La faille de Thèse et le fossé d'effondrement de Palente.* N° 225. T. XLVII, 1948 : *La rive droite du Doubs, de Besançon à Roche. La cuvette de Braillans. La faille de Fontaine-Écu. La faille du fort Est et des Buis*, par ANTOINE BONTE. — *Feuille de Givet au* 1/50 000e *Structure du massif du mont d'Haurs*, par ANTOINE BONTE et JEAN RICOUR. N° 226. T. XLVII, 1949 : *Feuille de Givet au* 1/50 000e, par ANTOINE BONTE et JEAN RICOUR. N° 232. T. XLIX, 1951 : *Feuille de Givet au* 1/50 000e, par ANTOINE BONTE et JEAN RICOUR; 7 fasc. 24 cm.

Extraits du *Compte rendu de la Société géologique de France*, n° 3, 1943 : *Sur la présence du Lias inférieur le long de la bordure sud-orientale du Massif de la Serre*, n° 4, 1943 : *Le rôle du sel dans la tectonique du Jura.* N° 9, 1943 : *Les effondrements directionnels du Jura et leur signification tectonique.* N° 13, 1943 : *Age et structure du gisement de lignite du Grand-Denis (Doubs).* N° 15, 1943 : *Influence des glissements dans la morphologie de la rive gauche de l'Ognon, entre Venise et Châtillon-le-Duc (Doubs).* Nov. 1944 : *Sur la limite du Rauracien et du Séquanien aux environs de Besançon.* Janv. 1945 : *Les horizons du Callovien dans les environs de Besançon.* Mars 1952 : *Réflexions sur le* bref *à propos d'une note de M. L. David.* N° 13, nov. 1953 : *Sur la genèse des quartz bipyramidés*, par ANTOINE BONTE ; 9 feuilles 24 cm.

Extraits du *Bulletin de la Société géologique de France*, 6e série. T. I, 1951 : *Contribution à la stratigraphie du Keuper du Jura.* T. II, 1952 : *Contribution à la tectonique du Vignoble aux environs de Lons-le-Saunier (Jura)*, par ANTOINE BONTE; 2 fasc. 25 cm.

Une interprétation tectonique de la zone du Vignoble, par ANTOINE BONTE et JEAN GOGUEL. Extrait de la *Réunion extraordinaire dans le Jura franco-suisse, Bull. Soc. géol. fr.* (6), I, 1951 ; 1 fasc. 24,5 cm.

Le bassin houiller de Lons-le-Saunier (Jura), par ANTOINE BONTE. Extrait des *Annales de la Société géologique du Nord.* T. LXXIII, janv. 1953, p. 9. Lille, Imprimerie centrale du Nord, 1953; 1 fasc. 21 cm.

My Life with the microbes, by SELMAN A. WAKSMAN. New-York, Simon and Schuster, 1954 ; 1 vol. 24 cm.

Cours de géométrie infinitésimale, par GASTON JULIA. Deuxième édition entièrement refondue. Deuxième fascicule. *Cinématique et Géométrie cinématique.* Première partie : *Généralités.* Paris, Gauthier-Villars, 1955 ; 1 fasc. 25 cm.

El observatorio astronomico de Bogota. *Monografia Historica*, 1803-1953, por ALFREDO D. BATEMAN. Prologo de CARLOS LOPEZ NARVAEZ. Colombia, Publicacion de la Universidad nacional, 1954; 1 vol. 24,5 cm.

Possible maximum variations in the force of gravity as may be observed at the earth's surface, by V. G. GABRIEL, in *St.-Louis Academy of science*, vol. 31, number 7 ; 1 fasc. 23 cm.

Collection de logique mathématique. Série A. I. *Les fondements logiques des mathématiques*, par E. W. BETH. Deuxième édition revue et augmentée. Paris, Gauthier-Villars, et Louvain, E. Nauwelaerts, 1955 ; 1 vol. 25 cm.

Teoria functiilor de o variabila complexa, par S. STOILOW. Vol. I. *Notiuni si principii fundamentale.* Bucuresti, Editura Academiei republicii populare romîne, 1954 ; 1 vol. 24 cm.

Academia republicii populare romîne. *C. I. Parhon opere Alese.* Vol. I. *Neurologie*, par STEFAN MILAR. Editura Academiei republicii populare romîne, 1954 ; 1 vol. 24,5 cm.

Id. *Bibliografia lucrarilor lui Victor Babes.* Editura Academiei republicii populare romîne, 1954; 1 fasc. 24 cm.

Id. *Victor Babes. Opere alese*. Vol. I, par St. S. Nicolau. Editura Academiei republicii populare romîne, 1954; 1 fasc. 25 cm.

Académie polonaise des sciences. *Œuvres de Marie Sklodowska Curie*, recueillies par Irène Joliot-Curie. Varsovie, Panstwowe Wydawnictwo naukowe, 1954; 1 vol. 24,5 cm.

La théorie harmonique. Le principe de simplicité dans les mathématiques et dans les sciences physiques, par André Lamouche. Paris, Gauthier-Villars, 1955; 1 vol. 24 cm.

Über die Puccinia auf Scorzonera austriaca Wild, von Ernst Gäumann, in *Sydowia Annales Mycologici*, Ser. II. Vol. VII, Heft 1-4, 1953; 1 feuille 24 cm.

Extraits de *Phytopathologische Zeitschrift*, Band 20, Heft 3, 1953 : *Uber Vasinfuscarin ein drittes Welketoxin des* Fusarium lycopersici Sacc., von Ernst Gäumann, Ch. Stoll und H. Kern. Band 21. Heft 3, 1954: *Über die Wirkung von Pyramidon auf Pflanzliche Zellen*, von Ernst Gäumann, K. H. Richle, A. Riggenbach et V. Flück. Band 21, Heft 4, 1954: *Über die chelierende Wirkung einiger Welketoxine* I, von Ernst Gäumann, St. Naef-Roth; 4 fasc. 24,5 cm.

(*A suivre*).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE ANNUELLE DES PRIX DU LUNDI 13 DÉCEMBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE DE BROGLIE.

M. **Maurice de Broglie** prononce l'allocution suivante :

Mes chers Confrères,

Je viens, suivant l'usage, rappeler à votre souvenir la mémoire des Membres de l'Académie des Sciences et des Correspondants qui nous ont quittés depuis une année.

Nous avons perdu nos Confrères : **Esclangon**, **Jolibois**, **de Margerie**, **Demolon** et **Barthélemy** ainsi que **Albert Francis Blakeslee**, associé étranger, et parmi nos correspondants : **Leonard Eugène Dickson**, **Robert Millikan**, **André Donatien** et **Auguste Lumière**.

Ernest Esclangon, doyen de la section d'astronomie, qui fut directeur de l'Observatoire de Paris et professeur d'astronomie à la Faculté des Sciences, est mort le 28 janvier 1954, à l'âge de soixante dix-sept ans.

Il était né dans les Basses-Alpes, et fut élève de mathématiques spéciales au Lycée de Nice avant d'entrer à l'École normale supérieure dont il sortit agrégé de mathématiques pour débuter dans la carrière astronomique à l'Observatoire de Bordeaux. Sa thèse de doctorat, soutenue en 1904, porta sur les fonctions quasi-périodiques et fut très remarquée. Sans négliger ses travaux d'observatoire, il professa à la Faculté des Sciences de Bordeaux la mécanique rationnelle, le calcul différentiel et la géométrie infinitésimale. Pendant la première guerre mondiale, Esclangon fut attaché à la commission d'artillerie de Gavres et fut le premier à indiquer au Service géographique de l'armée le principe du repérage par le son, ainsi que les moyens physiques d'appliquer cette méthode. Ses travaux sur l'onde de choc et l'onde de bouche sont restés classiques. Après la guerre, on lui confia la direction de l'Observatoire de

Strasbourg, où il réunit une remarquable équipe de jeunes astronomes, parmi lesquels figurait notre confrère Danjon. Président de l'Union astronomique internationale, il présida en 1938, le Congrès de Stockholm et s'intéressa à l'organisation de l'Observatoire de Haute-Provence auprès de Forcalquier. Le grand public connaît son nom en le rattachant à l'horloge parlante de l'Observatoire de Paris que bien des personnes tiennent à écouter chaque jour.

Une perte particulièrement cruelle pour l'Académie des Sciences fut celle de Pierre Jolibois, mort subitement à Paris, le 18 février 1954, alors qu'il était un des plus jeunes membres de la section de Chimie.

Pierre Jolibois se consacra très rapidement, après sa sortie de l'École polytechnique à la recherche scientifique et commença des travaux de Chimie à la Faculté des Sciences dans le Laboratoire d'Henri Moissan. Il étudia d'abord les phosphures métalliques et s'attacha, à la suite de ses travaux sur le phosphore, à cet aspect curieux de certains éléments que sont leurs variétés allotropiques. A cette époque, certains dérivés organo-magnésiens comptaient parmi les plus précieux réactifs de la chimie organique. Jolibois les examina de près, ce qui fut pour lui, l'occasion de plusieurs découvertes importantes. Il fut nommé, en 1921, professeur de chimie générale à l'École supérieure des Mines et forma de nombreux élèves qui illustrèrent son laboratoire. Ayant été amené à s'occuper de certains caractères alors inexpliqués, qui accompagnent la prise du plâtre, son attention fut attirée vers les sels de calcium et aboutit, dans ce domaine, à de nombreux résultats intéressants. Jolibois procéda ensuite à tout un ensemble de belles recherches concernant l'action de l'électricité sur la Matière et sur les réactions qui accompagnent l'électrolyse.

Il était mobilisé comme lieutenant d'artillerie au moment de la guerre 1914-1918 et joua bientôt un rôle important en dirigeant le laboratoire de la Poudrerie Nationale de Bassens où l'on fabriquait la mélinite. Les succès qu'il obtint dans l'étude des explosifs le firent désigner ensuite comme chef du service des bombes d'aviation et là encore, il obtint de précieux résultats. Après la guerre il fut choisi comme chef de la Mission française de contrôle de l'usine d'acide nitrique de la Badische Anilin à Ludwigshafen. Les services qu'il rendit alors dans cette nouvelle mission lui en firent confier une autre du même ordre après la seconde guerre, en 1948. C'est lui qui fut désigné, en 1937, par Jean Perrin, pour l'organisation de la section de Chimie minérale au Palais de la Découverte. Membre de l'Académie des Sciences depuis 1944, c'était un chimiste de grande valeur dont la perte fut vivement regrettée aussi bien par les organismes de la Défense nationale que par les savants de l'Union internationale de chimie pure et appliquée dont il présidait la section de chimie minérale.

Avec **Emmanuel de Margerie**, c'est un géologue original et laborieux, que l'Académie des Sciences a eu le malheur de perdre, à un âge très avancé.

Emmanuel de Margerie avait 92 ans (peut-être tenait-il sa longévité de son parent Michel Chevreul, directeur du Muséum, qui vécut jusqu'à 103 ans) et sa longue carrière, il n'a pas consacré moins de 70 années à ses travaux scientifiques, a débuté lorsque, en 1878, à l'âge de 15 ans, il assista à la première session du congrès géologique international; deux fois Président de la Société géologique de France, il sut à la fois, faire face à d'immenses travaux bibliographiques, comme à d'importantes contributions personnelles dans le domaine auquel il consacra son existence. Deux Ouvrages : l'un, relatif aux dislocations de l'écorce terrestre et l'autre, intitulé « les formes du terrain » remontent à 1888, et conservent encore de l'intérêt aujourd'hui. Il ne s'intéressait pas seulement à la terre au point de vue de la géologie il tint aussi à connaître notre planète, par lui-même, allant du Spitzberg à l'Oural, passant en Afrique et en Égypte et franchissant trois fois l'Atlantique à une époque où cette traversée n'était pas si facile qu'aujourd'hui. Emmanuel de Margerie assumait aussi la direction du service géologique d'Alsace-Lorraine, à la Faculté des Sciences de Strasbourg et ne reculait pas devant de longues et minutieuses publications qui lui coûtèrent de longues années de travail. Il traduisit notamment un ouvrage fondamental d'Édouard Suess, et même dans sa retraite, utilisa sa riche bibliothèque et ses archives personnelles pour faire paraître un recueil en quatre volumes sous le nom de « Critique et géologie ».

D'abord, correspondant, puis Membre de l'Académie des Sciences depuis 1939, Emmanuel de Margerie laisse, après lui, d'unanimes regrets auprès de tous ceux qui l'ont connu.

Tout récemment la mort d'**Albert Demolon** est venu frapper d'un deuil profond l'Agronomie française et notre Compagnie.

Albert Demolon était né à Lille le 30 avril 1881. Porté d'abord vers les sciences mathématiques, il s'orienta bientôt vers l'Agronomie et les Sciences physiques. Bientôt licencié, puis docteur ès sciences, il passa par l'Institut Pasteur avant de commencer sa carrière par la direction de la station agronomique et du Laboratoire de microbiologie du département de l'Aisne. Dix-huit ans plus tard, il devint inspecteur général des stations et Laboratoires du Ministère de l'Agriculture. Il professa aussi au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'École du Génie rural. Son œuvre personnelle a surtout porté sur l'étude du sol et de sa fertilisation; il put préciser certains points importants sur le rôle des micro-organismes qui vivent dans les terres cultivées et sur la façon dont les engrais azotés sont susceptibles d'améliorer les cultures. Ses principaux Ouvrages : Dynamique du sol, Croissance des

végétaux, Guide pour l'étude expérimentale du sol, Évolution scientifique et l'agriculture, font autorité dans le domaine qu'ils concernent.

Président de l'Académie d'Agriculture, Président de la Société internationale pour l'étude du sol, Albert Demolon fut appelé en 1946, à siéger dans la section d'Économie rurale; il laissera parmi nous un grand souvenir.

C'est dans un tout autre domaine que nous pénétrons avec **René Barthélemy** qui figurait, depuis 1946, parmi les Membres de la division des Applications de la Science à l'Industrie, à l'Académie des Sciences.

Il débuta, comme ingénieur électricien, dans les laboratoires de la Compagnie des Compteurs et s'y fit vite remarquer. Pendant la guerre de 1914, il fut un actif collaborateur du Commandant Ferrié, dans les services de la Radiotélégraphie militaire. Mais c'est dans la réalisation des appareils de télévision qu'il devait donner sa mesure. Grâce à lui, la France prit une telle avance qu'elle se plaça au premier rang, dans ce domaine. On peut même dire que les dispositifs réalisés par Barthélemy furent trop parfaits, car ils dépassèrent la précision à laquelle se sont arrêtés beaucoup d'appareils courants. Sa brillante carrière a été interrompue prématurément, par une longue et douloureuse maladie, qu'il supporta, avec le plus grand courage. Avant de succomber, sentant venir sa fin prochaine, il adressa à ses confrères une émouvante lettre d'adieux que ces derniers n'ont pas oubliée.

Albert Francis Blakeslee, qui professa longtemps au Smith College, à Northampton, dans le Massachusetts, et devint un de nos Associés Étrangers en 1947, vient de s'éteindre le mois dernier.

Généticien et botaniste, son œuvre principale se rapporte aux mutations des « Datura Stramonium ». Avec une équipe de collaborateurs patients et dévoués, qu'il dirigea toujours de ses conseils, il donna l'exemple d'une activité soutenue et strictement limitée à l'étude du mécanisme physique de la mutabilité dans le règne végétal, plus simple et par certains points, différent de ce qui se passe pour les mutations des mouches « Drosophiles ».

Ses études sur la « Polyploïdie » et la complication chromosomique, connue sous le nom de « Crossing over », ont également attiré une vive attention et font, de notre ancien Confrère, une des figures les plus originales d'une certaine période de la génétique contemporaine.

Leonard Eugene Dickson, né en 1874, avait été élu correspondant pour la Section de géométrie en 1920.

Il était alors professeur à l'Université de Chicago et avait publié de

nombreux Mémoires et des Ouvrages considérables sur la théorie des Groupes finis et ses applications arithmétiques. C'était un spécialiste éminent de la théorie des nombres en même temps qu'un historien des mathématiques. Les Comptes rendus ont inséré diverses Notes de lui, la dernière en 1936. Sa mort, qui remonte au début de 1954, n'est parvenue qu'assez tard à notre connaissance.

Avec **Robert Andrews Millikan**, la physique moderne a perdu un de ses vieux pionniers. Né en 1868; il est mort en Californie à plus de 85 ans. Ses premières recherches avaient été effectuées dans un Laboratoire que dirigeait l'illustre Michelson, mais sa grande notoriété lui vint de ses recherches sur la charge négative de l'électron. On sait qu'il put en déduire la mesure exacte par la considération d'un seul corpuscule. Il réussit à observer au microscope, par éclairage latéral, de très petites gouttes liquides, stables, tombant très lentement dans l'air, dont on peut ralentir ou arrêter la chute au moyen d'un champ électrostatique vertical. C'est ainsi qu'il put démontrer clairement la nature atomique de la charge électrique dans une série de célèbres expériences. L'importance de la mesure de cette constante fondamentale lui valut le Prix Nobel, en 1913.

Plus tard, Millikan poursuivit des recherches sur la détermination exacte de la Constante de Planck; il aborda avec un grand succès l'étude de la région spectrale qui sépare les Rayons X des Ultraviolets. Il dirigeait, à Pasadena le laboratoire Norman Bridge; il émit d'ingénieuses hypothèses sur la nature et l'origine des rayons cosmiques, quand cette branche de la physique était encore dans son enfance. C'est au laboratoire Norman Bridge, qu'Anderson fit ses mémorables expériences qui conduisirent à la découverte de l'électron positif. Millikan avait été élu correspondant pour la section de physique générale, le 7 décembre 1925. Il eut certes, bien mérité de figurer parmi nos Associés Étrangers.

André-Louis Donatien, avait été élu correspondant de l'Académie des Sciences pour la Section d'Économie rurale, en 1949.

Ses importants travaux se rapportent à l'hygiène et à la pathologie vétérinaires. Il commença par être chef de laboratoire à l'Institut Pasteur d'Algérie, où il étudia les maladies de la chèvre et du mouton : mais son œuvre la plus remarquable concerne les maladies causées par des protozoaires, ses recherches firent faire à leur étude d'importants progrès. Il prépara à ce propos des vaccins et des sérums dont l'utilité se révéla très précieuse.

André Donatien, était également correspondant de l'Académie de Médecine et de l'Académie vétérinaire.

Auguste Lumière, était depuis 1928, correspondant de l'Académie des Sciences, pour la Section de Médecine et Chirurgie.

Frère de Louis Lumière, il l'a activement secondé, dans ses créations du domaine photographique. Il a, de plus, fondé un important laboratoire de produits pharmaceutiques, où se préparaient des remèdes très connus; mais son esprit original était surtout tourné vers la Biologie. Pendant toute sa vie, il n'a cessé de réfléchir à l'importance de l'état colloïdal pour les phénomènes biologiques et au rôle que peut jouer la floculation qui fait cesser cet état pour nuire gravement à la vie. Ses travaux ont aussi porté sur la thérapeutique du tétanos, sur la Vitamine B, sur les plaies, les cicatrices et le cancer. Son tempérament le portait à défendre, avec vivacité, des opinions parfois très personnelles mais toujours originales et incitant à la réflexion.

* * *

Notre Compagnie a pris, cette année, la part importante qui lui revenait dans les cérémonies du centenaire de l'un de ses plus illustres représentants : **Henri Poincaré.**

Une séance au grand amphithéâtre de la Sorbonne, honorée de la présence du Président de la République et du Ministre de l'Éducation nationale, d'autres célébrations notamment à l'École Polytechnique, en ont marqué le déroulement. Grâce à l'activité du Comité d'organisation, que nous tenons à remercier une fois de plus, des Médailles ont pu être décernées aux Membres d'une délégation de nombreux savants étrangers venus à Paris à cette occasion, de sorte que notre séance du 17 mai a pu enregistrer la déclaration suivante :

« L'Académie des Sciences, très fière d'avoir compté Henri Poincaré parmi ses Membres, s'honore grandement de voir ici réunis les représentants des Académies et Universités étrangères qui partagent avec nous, la gloire de l'avoir élu parmi leurs associés. Ils ont bien voulu se joindre aux célébrations du centenaire d'un grand savant dont la mémoire appartient au monde entier. L'Académie les accueille avec reconnaissance et leur témoigne toute sa gratitude; les continuateurs de l'œuvre de Henri Poincaré que nous saluons ici comptent parmi les illustrations scientifiques actuelles des diverses branches des mathématiques, c'est à eux-mêmes et à leurs œuvres que nous tenons à apporter notre hommage. Ils représentent, au-dessus des vicissitudes des temps actuels, le pur rayonnement de la pensée scientifique internationale et, par ce fait, donnent à leur présence une portée profonde que nous accueillons avec émotion. »

Cette année a été marquée également par la réunion de la 10e Conférence générale des Poids et Mesures qui tient toujours à associer l'Académie des Sciences à ses réunions comme à ses travaux, ces derniers se sont poursuivis, au Pavillon de Breteuil, dans les premiers jours d'octobre, et parmi les résolutions auxquelles ils ont abouti, on peut signaler les suivantes :

La Conférence reste convaincue qu'une nouvelle définition du mètre fondée sur la longueur d'onde d'une radiation lumineuse est devenue nécessaire, mais décide de ne pas encore changer cette définition avant que les recherches sur les radiations monochromatiques n'aient été complétées.

La conférence a en outre adopté comme unités de base, un système pratique d'unités de mesures pour les relations internationales : le mètre, le kilogramme, la seconde, l'ampère, le degré Kelvin, et la candela, représentant les unités de longueur, de masse, de temps, d'intensité de courant, de température thermodynamique et d'intensité lumineuse.

L'Académie des Sciences n'a pas manqué de se préoccuper de ce qui pourrait améliorer sa vieille répartition en Sections; mais s'il est certain que le temps amènera un jour d'importants remaniements dans ce domaine, il n'est pas apparu que cette question soit aujourd'hui assez mûre pour justifier la plus grande partie des modifications proposées. Cependant, l'Académie a accepté, de porter de 12 à 20, le nombre des Associés Étrangers pour tenir compte des progrès de la Recherche Scientifique dans tous les pays.

M. le Secrétaire perpétuel va vous donner lecture des prix décernés cette année par notre Compagnie. Vous serez sans doute frappés de la modicité des sommes remises à nos lauréats. Hélas, les dévaluations monétaires qui ont suivi les deux dernières guerres ont ruiné nos fondations.

Les prix que décernait l'Académie des Sciences en 1914 s'échelonnaient de 500 à 50 000 f soit environ de 90 000 à 9 000 000 des francs d'aujourd'hui. Mis à part les prix Osiris et Jaffé qui sont des fondations de l'Institut, ceux qui vont être proclamés s'échelonnent seulement de 12 000 à 500 000 f; ce qui est dérisoire par rapport aux récompenses que certaines Académies étrangères peuvent réserver à leurs savants.

On a pu évaluer à cent millions de francs actuels la perte de *revenu annuel* subie par nos fondations durant ces quarante dernières années. C'est dire que les savants et chercheurs se sont trouvés spoliés de la presque totalité des sommes que de généreux donateurs avaient voulu leur réserver.

C'est un lourd « Dommage de guerre ».

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la lecture du palmarès.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1954.

MATHÉMATIQUES.

Commissaires : MM. J. Hadamard, Ém. Borel, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès, R. Garnier.

PRIX PONCELET (14.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Darmois**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre mathématique. *Rapporteur :* M. R. Garnier.

PRIX CARRIÈRE (27.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Milloux**, professeur à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour l'ensemble de son œuvre mathématique. *Rapporteur :* M. P. Montel.

MÉCANIQUE.

Commissaires : MM. Ém. Borel, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, J. Pérès, H. Beghin, M. Roy, J. Leray.

PRIX MONTYON (15.000fr). — Le prix est décerné à M. **Étienne Crausse**, professeur à la Faculté des sciences d'Alger, pour l'ensemble de ses travaux sur l'hydraulique. *Rapporteur :* M. H. Villat.

PRIX HENRI DE PARVILLE (20.000fr). — Le prix est décerné à M. **Yves Thiry**, professeur à la Faculté des sciences de Besançon, pour sa théorie unitaire de la Relativité. *Rapporteur :* M. Jean Leray.

ASTRONOMIE.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, L. Picart, J. Chazy, P. Montel, J. Cabannes, A. Danjon, J. Baillaud, N....

PRIX LA CAILLE (13.000fr). — Le prix est décerné à M. **Louis Arbey**, astronome-adjoint à l'Observatoire de Paris, pour ses recherches sur les travaux de l'Abbé La Caille et ses travaux personnels d'astronomie générale. *Rapporteur :* M. A. Danjon.

GÉOGRAPHIE.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, Em. de Martonne, R. Courrier, D. Cot, G. Poivilliers, H. Humbert.

PRIX BINOUX (20.000fr). — Le prix est décerné à M. **Pierre Rivals**, professeur sans chaire à la Faculté des sciences et à l'École nationale supérieure agronomique de l'Université de Toulouse, pour son étude sur la végétation naturelle de l'île de la Réunion. *Rapporteur :* M. H. Humbert.

NAVIGATION.

Commissaires : MM. Ém. Borel, M. de Broglie, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barillon, J. Pérès, Em. de Martonne, H. Béghin, D. Cot, G. Poivilliers, M. Roy, J. Leray.

PRIX PLUMEY (55.000fr). — Le prix est décerné à M. **Pierre Willm**, ingénieur du Génie maritime et au Commandant **Georges-Sylvain Houot** qui, au risque de leur vie, sont descendus en Bathyscaphe à une profondeur supérieure à 4.000 mètres. *Rapporteur :* M. É.-G. Barrillon.

PHYSIQUE.

Commissaires : MM. M. de Broglie, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, J. Cabannes, G. Ribaud, L. Leprince-Ringuet, E. Darmois, F. Perrin.

PRIX HUGHES (12.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Barraud**, maître de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux de radiocristallographie. *Rapporteur* M. A. de Gramont.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE (37.000fr). — Le prix est décerné à Mlle **Alice Serres**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses recherches sur le magnétisme et en particulier sur la formation des cristaux mésomorphes dans un champ magnétique. *Rapporteur :* M. G. Ribaud.

PRIX EN HOMMAGE AUX SAVANTS FRANÇAIS ASSASSINÉS PAR LES ALLEMANDS EN 1940-1945 : HENRI ABRAHAM, EUGÈNE BLOCH, GEORGES BRUHAT, LOUIS CARTAN, FERNAND HOLWECK (70.000fr). — Le prix est décerné à M. **Théo Kahan**, maître de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux de physique théorique. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

CHIMIE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Delépine, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, R. Courrier, L. Hackspill, P. Pascal, Ch. Dufraisse, N....

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES (15.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Rigaudy**, sous-chef de travaux à l'École de physique et de chimie, pour ses recherches sur les peroxydes, matières explosives. *Rapporteur :* M. Ch. Dufraisse.

FONDATION CAHOURS (15.000fr). — Un prix est décerné à M. **Jean Loriers**, chargé de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour l'ensemble de ses travaux sur les Terres rares. *Rapporteur :* M. P. Lebeau.

FONDATION CHARLES-ADAM GIRARD (16.000fr). — Un prix est décerné à M. **André Boullé**, professeur de chimie à l'École nationale supérieure des mines, pour ses études de chimie minérale, en particulier sur les phosphates minéraux. *Rapporteur :* M. P. Lebeau.

MÉDAILLE BERTHELOT. — La médaille est décernée à M. **André Boullé**, lauréat d'un prix Charles-Adam Girard. *Rapporteur :* M. P. Lebeau.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Commissaires : MM. M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Mauguin, F. Grandjean, R. Courrier, A. Michel-Lévy, A. Demolon, P. Fallot, N....

PRIX JOSEPH LABBÉ (15.000fr). — Le prix est décerné à M. **Gilbert Castany**, chef du Service géologique de la Tunisie, pour ses travaux géologiques et techniques sur ce pays. *Rapporteur :* M. CH. JACOB.

PRIX CARRIÈRE (30.000fr). — Le prix est décerné à M. **Hubert Curien**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris, pour ses recherches sur l'agitation thermique dans les cristaux. *Rapporteur :* M. CH. MAUGUIN.

FONDS DES JEUNES GÉOLOGUES (42.000fr). — La subvention est attribuée à M. **Pierre Bouché**, étudiant à la Faculté des sciences de Grenoble, pour lui permettre d'entreprendre ses investigations géologiques dans le Massif de la Chartreuse. *Rapporteur :* M. P. FALLOT.

BOTANIQUE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, A. Chevalier, G. Ramon, R. Souèges, R. Courrier, R. Heim, R. Combes, H. Humbert, Ph. Guinier.

PRIX DE COINCY (12.000fr). — Le prix est décerné à M. **Robert Lemesle**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Poitiers, pour ses travaux sur l'anatomie des plantes phanérogames. *Rapporteur :* M. R. SOUÈGES.

PRIX FOULON (30.000fr). — Le prix est décerné à MM. **Robert Kühner**, professeur à la Faculté des sciences de Lyon, et **Henri Romagnesi**, attaché au Muséum national d'histoire naturelle, professeur au Lycée Marcelin Berthelot, pour leur Flore analytique des Champignons supérieurs. *Rapporteur :* M. R. HEIM.

ÉCONOMIE RURALE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, M. Javillier, A. Chevalier, R. Courrier, A. Demolon, A. Mayer, M. Lemoigne, Ph. Guinier, N....

PRIX NICOLAS ZVORIKINE (15.000fr). — Le prix est décerné à M. **Louis Malassis**, professeur à l'École nationale d'agriculture de Rennes, pour ses études d'économie rurale tendant à l'amélioration du niveau de vie des exploitations familiales. *Rapporteur :* M. A. DEMOLON.

PRIX FOULON (30.000fr). — Le prix est décerné à M. **Maurice Ferrand**, ingénieur agronome et ses collaborateurs MM. **André Bachy**, phytopathologiste et **Michel Ollagnier**, statisticien à l'Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux, pour leurs travaux sur l'emploi de composés au Mg, Cu, Fe, Zn, Mn, Bo dans des cultures de l'Afrique équatoriale française et du Congo belge. *Rapporteur :* M. M. JAVILLIER.

PRIX Mme ALBERT DEMOLON (22.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Aubert**, chef du Service des sols à la Recherche scientifique d'Outre-Mer, pour ses travaux de pédologie. *Rapporteur :* M. M. LEMOIGNE.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

Commissaires : MM. M. Caullery, P. Portier, E. Roubeaud, P. Wintrebert, L. Fage, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, P.-P. Grassé, Ch. Champy.

PRIX FOULON (30.000fr). — Le prix est décerné à M. **Antoine Delattre**, professeur à la Faculté libre de médecine de Lille, pour ses travaux sur le crâne humain envisagé au point de vue de l'anatomie comparée. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Commissaires : MM. P. Portier, E. Sergent, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, R. Leriche, J. Tréfouël, A. Lacassagne, G. Guillain, L. Bazy, Ch. Champy.

PRIX MONTYON (30.000fr). — Le prix est décerné au R. P. **Maurice Verdun**, professeur à l'Institut catholique, pour son ouvrage intitulé : *Le péril mental. Rapporteur :* M. G. Guillain.

PRIX BRÉANT (25.000fr). — Un prix est décerné à M. **Maurice Deparis**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour son ouvrage intitulé : *Étude sur l'épidémiologie de la polyomyélite. Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX GODARD (15.000fr). — Le prix est décerné à M. **Gaston Mayer**, professeur à la Faculté de médecine de Bordeaux, pour ses travaux sur la gestation. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

PRIX BELLION (13.000fr). — Le prix est décerné à M. **Marcel Balthazar**, directeur de l'Institut Pasteur de l'Iran, à Téhéran, pour ses travaux sur la bilharziose vésicale au Maroc. *Rapporteur :* M. A. Lacassagne.

PRIX JEAN DAGNAN-BOUVERET (27.000fr). — Le prix est décerné à M. **Paul Bailliart**, ophtalmologiste de l'Institution nationale des jeunes aveugles, pour son ouvrage intitulé : *Les affections vasculaires de la rétine avec quelques rappels d'anatomie et de physiologie de la circulation rétinienne. Rapporteur :* M. L. Bazy.

CANCER ET TUBERCULOSE.

Commissaires : MM. M. Caullery, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, R. Leriche, A. Lacassagne, G. Guillain.

PRIX BARIOT-FAYNOT (12.000fr). — Le prix est décerné à MM. **Marcel Fèvre** et **René Huguenin**, professeurs à la Faculté de médecine de Paris, pour leur ouvrage intitulé : *Malformations tumorales et tumeurs de l'enfant. Rapporteur :* M. L. Binet.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX (145.000fr). — Un prix est décerné à M. **Alfred Fessard**, professeur au Collège de France et à Mme **Alfred Fessard**, née **Denise Albe**, directeur-adjoint de laboratoire à l'École pratique des hautes études, pour l'ensemble de leur œuvre commune sur la physiologie du système nerveux. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

PRIX LOUISE DARRACQ (18.000fr). — Le prix est décerné à M. **Maurice Guérin**, chef de service de médecine expérimentale de l'Institut de recherches sur le cancer Gustave-Roussy, pour son ouvrage intitulé : *Tumeurs spontanées des animaux de laboratoire. Rapporteur :* M. L. Binet.

PHYSIOLOGIE.

Commissaires : MM. M. Caullery, P. Portier, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, P.-P. Grassé, A. Lacassagne, G. Guillain.

PRIX MONTYON (15.000fr). — Le prix est décerné à MM. **Théophile Cahn**, directeur de laboratoire à l'École des hautes études, et **Jacques Houget**, chef de service adjoint à l'Institut de biologie physicochimique à Paris, pour leurs travaux sur le métabolisme des lipides. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX L. LA CAZE (46.000fr). — Le prix est décerné à M. **Raymond Latarjet**, sous-directeur du laboratoire Pasteur à l'Institut du radium, pour ses travaux sur le cancer expérimental et sur les interactions de l'énergie radiante et de la matière vivante. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

Commissaires : MM. L. de Broglie, R. Esnault-Pelterie, É.-G. Barrillon, A. Portevin, A. Pérard, G. Ramon, R. Courrier, P. Chevenard, G. Darrieus, H. Parodi, N....

PRIX KASTNER-BOURSAULT (12.000fr). — Le prix est décerné à M. **Max Teissié-Solier**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, pour ses travaux sur la méthode de résonance et un dispositif de réglage de la vitesse des moteurs asynchrones. *Rapporteur :* M. G. Darrieus.

PRIX CAMÉRÉ (16.000fr). — Le prix est décerné à M. **Marius Duriez**, professeur à l'École des ponts et chaussées, pour ses recherches sur les matériaux de construction. *Rapporteur :* M. A. Caquot.

STATISTIQUE.

Commissaires : MM. Ém. Borel, L. Blaringhem, Ch. Maurain, H. Villat, L. de Broglie, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, R. Courrier.

PRIX MONTYON (15.000fr). — Le prix est décerné à feu **Étienne Halphen**, ingénieur à l'Électricité de France, pour ses travaux d'hydrologie statistique. *Rapporteur :* M. Ém. Borel.

OUVRAGES DE SCIENCES.

Commissaires : MM. M. de Broglie, L. Fage, L. de Broglie, R. Courrier, Ém. Borel, M. Caullery, A. Pérard.

PRIX HENRI DE PARVILLE (12.000fr). — Le prix est décerné à M. **Georges Valiron**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour son ouvrage sur les fonctions analytiques. *Rapporteur :* M. Ém. Borel.

MÉDAILLES.

Commissaires : MM. M. de Broglie, L. Fage, L. de Broglie, R. Courrier.

MÉDAILLE LAVOISIER. — La médaille est décernée à M. **Frédéric Joliot**, membre de l'Académie des sciences, professeur au Collège de France, et à Mme **Frédéric Joliot**, née **Irène Curie**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, à l'occasion du vingtième anniversaire de la découverte de la Radioactivité artificielle. *Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE.

MÉDAILLE HENRI POINCARÉ. — La médaille est décernée à M. **Georges Valiron**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre mathématique. *Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT : Grand prix des sciences mathématiques (50.000fr). — Commissaires : MM. Ém. Borel, A. de Gramont, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon, A. Pérard.

Le prix est décerné à M. **André Lichnerowicz**, professeur au Collège de France, pour l'ensemble de ses travaux de mathématiques. *Rapporteur :* M. ÉM. BOREL.

PRIX BORDIN (19.000fr). — Commissaires : MM. M. Caullery, A. Chevalier, Ém. Roubaud, A. Portevin, G. Ramon, R. Souèges, R. Courrier, R. Heim.

Le prix est décerné à M. **Henri Gaussen**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, pour l'ensemble de son œuvre de cartographie végétale. *Rapporteur :* M. R. HEIM.

PRIX LALLEMAND (16.000fr). — Commissaires : MM. M. Caullery, P. Portier, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, R. Leriche, G. Guillain, Ch. Champy.

Le prix est décerné à M. **Roger Coujard**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux sur le système nerveux. *Rapporteur :* M. L. BINET.

PRIX LE CONTE (350.000fr). — Commissaires : MM. M. de Broglie, L. Fage, L. de Broglie, R. Courrier, Ém. Borel, G. Bertrand, M. Delépine, A. Caquot, A. Pérard, M. Roy, A. Mayer.

Le prix est décerné à M. **Lucien Bull**, sous-directeur de l'Institut Marey, directeur honoraire du laboratoire de techniques d'enregistrements de l'École pratique des hautes études, pour les nombreux appareils inventés et réalisés par lui concernant la cinématographie ultra-rapide et la chronophotographie, les appareils enregistreurs, l'électrocardiographie clinique, le repérage des batteries par le son, l'application de l'étincelle électrique à la cinématographie de l'onde de choc, etc. *Rapporteur :* M. A. PÉRARD.

PRIX JÉRÔME PONTI (17.000fr). — Commissaires : MM. Ém. Borel, Ch. Maurain, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel.

Le prix est décerné à M. **Paul Queney**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux de dynamique atmosphérique. *Rapporteur :* M. CH. MAURAIN.

PRIX PARKIN (12.000fr). — Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, M. Javillier, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, A. Mayer.

Le prix est décerné à M. **Marc Julia**, chef de travaux à l'École polytechnique, pour ses travaux sur certaines substances chimiques à activité biologique. *Rapporteur :* M. M. DELÉPINE.

PRIX SAINTOUR (12.000fr). — Commissaires : MM. M. Caullery, M. Delépine, A. Chevalier, Ém. Roubaud, A. Portevin, G. Ramon, R. Souèges, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Paul Grenier**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour l'ensemble de ses travaux sur la morphologie, la biologie et la systématique des Simuliidæ. *Rapporteur :* M. Ém. Roubaud.

PRIX LONCHAMPT (17.000fr). — Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, M. Javillier, A. Chevalier, L. Binet, R. Courrier, G. Guillain.

Le prix est décerné à M. **François Morel**, biologiste au Commissariat à l'énergie atomique, pour ses travaux sur l'excrétion urinaire à l'aide du sodium radioactif. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

PRIX CHARLES-LOUIS DE SAULSES DE FREYCINET. — Commissaires : MM. M. de Broglie, L. Fage, L. de Broglie, R. Courrier, Ém. Borel, G. Bertrand.

Un prix de 17.000fr est décerné à M. **Henri Amiot**, ingénieur général du Génie maritime, pour son cours de construction du navire à l'École du Génie maritime. *Rapporteur :* M. É.-G. Barrillon.

Un prix de 20.000fr est décerné à M. **Edmond Blanc**, professeur aux grandes écoles de l'air, pour son ouvrage intitulé : *L'aviation des temps modernes*. *Rapporteur :* M. M. Roy.

PRIX DE Mme VICTOR NOURY (17.000fr). — Mêmes Commissaires que pour le prix Ch.-L. de Saulses de Freycinet.

Le prix est décerné à M. **Pierre Bernard**, maître de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses études d'océanographie physique. *Rapporteur :* M. D. Cot.

PRIX MILLET-RONSSIN (20.000fr). — Commissaires : MM. R. Courrier, Ch. Jacob, Ch. Mauguin, A. Chevalier, R. Souèges, Ém. Roubaud, L. Fage.

Le prix est décerné à M. **Henri-V. Vallois**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux récents sur l'origine de l'homme. *Rapporteur :* M. L. Fage.

PRIX DU GÉNÉRAL MUTEAU. — Commissaires : MM. Ém. Borel, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon.

Deux prix de 20.000fr sont décernés :

à M. **Mario Sollima**, ingénieur en chef de la Compagnie française Thomson-Houston, pour ses travaux relatifs au Radar. *Rapporteur :* M. A. Caquot ;

à M. **Pierre Carrière**, ingénieur militaire en chef des fabrications d'armement, pour ses travaux d'aérodynamique supersonique. *Rapporteur :* M. G. Darrieus.

PRIX LAURA MOUNIER DE SARIDAKIS (20.000fr). — Commissaires : MM. M. de Broglie, L. de Broglie, R. Courrier, J. Cabannes, G. Ribaud, G. Bertrand, P. Lebeau, P. Portier, L. Binet.

Le prix est décerné à M. **Paul Fleury**, professeur à la Faculté de pharmacie, pour ses travaux relatifs à la chimie biologique. *Rapporteur :* M. M. Delépine.

PRIX LAMB (500.000fr). — Commissaires : MM. A. de Gramont, L. de Broglie, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon, A. Portevin, A. Pérard, R. Courrier, G. Darrieus.

Le prix est décerné à M. **André Gempp**, ingénieur principal du Génie maritime, pour ses études effectuées en vue de la réalisation du bathyscaphe français. *Rapporteur :* M. É.-G. Barrillon.

PRIX ERNEST DECHELLE (45.000fr). — Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Caullery, Ch. Jacob, M. Javillier, A. Portevin, G. Ramon, R. Courrier, R. Heim.

Le prix est décerné à M. **Marc Foëx**, sous-directeur du laboratoire de l'énergie solaire du Mont-Louis, pour l'ensemble de ses travaux de chimie minérale. *Rapporteur :* M. P. Lebeau.

PRIX DU Dr ET DE Mme HENRI LABBÉ. — Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Javillier, L. Binet, R. Courrier, A. Demolon, J. Tréfouël, A. Mayer, M. Lemoigne.

Deux prix de diététique de 80.000fr sont décernés :

à feu **Maurice Piettre**, directeur honoraire de l'Institut international du froid, pour l'ensemble de son œuvre scientifique et particulièrement pour ses travaux sur la conservation des aliments par le froid. *Rapporteur :* M. M. LEMOIGNE ;

à M. **Léon Pales**, sous-directeur du Musée de l'Homme, pour les études qu'il a poursuivies en Afrique noire, sur la nutrition des populations. *Rapporteur :* M. A. MAYER.

Un prix d'enseignement ménager de 80.000fr est décerné à l'**École de Carcado-Saisseval**. *Rapporteur :* M. A. DEMOLON.

A titre d'encouragement, une somme de 20.000fr est attribuée à chacune des quatre lauréates du Concours d'enseignement ménager agricole de 1953 :

Mlle **Georgette Soulier**, à Saint-Cyprien (Corrèze);
Mlle **Marinette Marchandon**, à Saint-Cyr-la-Rivière, par Saclas (Seine-et-Oise);
Mlle **Jacqueline Petitglou**, Les Petits-Bouleaux, à Montmort (Marne);
Mlle **Geneviève Beaupère**, à Formelé-Chauffours, par Bailleau-le-Pin (Eure-et-Loir).
Rapporteur : M. A. MAYER.

Un prix de chimie biologique de 80.000fr est décerné à feu **Paul Meunier**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Lyon, pour l'ensemble de ses travaux de chimie biologique. *Rapporteur :* M. M. JAVILLIER.

FONDS DES LABORATOIRES. — Mêmes Commissaires que pour le prix Ch.-L. de Saulses de Freycinet.

Deux prix de 17.000fr sont décernés :

à M. **Augustin Blaquière**, professeur agrégé de physique au lycée Jacques Decour, pour ses études sur les auto-oscillateurs à lampes et sur les horloges radioélectriques. *Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE ;

à M. **Michel Hervé**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Caen, pour ses recherches sur les fonctions fuchsiennes de deux variables. *Rapporteur :* M. ÉM. BOREL.

FONDS DES BOURSES. — Mêmes Commissaires que pour le prix Ch.-L. de Saulses de Freycinet.

Un prix de 12.000fr est décerné à M. **Jean Lagasse**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Toulouse, pour ses études d'électrotechnique. *Rapporteur :* M. CH. CAMICHEL.

Deux prix de 15.000fr sont décernés :

à M. **Guy Deysson**, chef de travaux à la Faculté de pharmacie de Paris, pour ses recherches de cytologie végétale. *Rapporteur :* M. R. SOUÈGES ;

à M. **Émile Josso**, ingénieur de l'Institut polytechnique de l'Ouest, pour ses études thermomagnétiques sur les ferro-nickels. *Rapporteur :* M. P. CHEVENARD.

PRIX DE L'INSTITUT
DÉCERNÉS SUR LA PROPOSITION DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PRIX OSIRIS (1.000.000fr). — Un prix est décerné à M. **Émile Borel**, membre de l'Académie des sciences, pour l'ensemble de son œuvre mathématique.

PRIX D'AUMALE (40.000fr). — Mêmes Commissaires que pour le prix Ch.-L. de Saulses de Freycinet.

Le prix est décerné à M. **Maurice Rose**, professeur honoraire à la Faculté des sciences d'Alger, pour l'ensemble de ses travaux et en particulier pour ses recherches sur les tropismes. *Rapporteur :* M. L. FAGE.

FONDATION JAFFÉ (1.200.000fr). — Commissaires : MM. M. de Broglie, L. Fage, L. de Broglie, R. Courrier.

Un prix est décerné à M. **Selmar Aschheim**, directeur de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur l'excrétion urinaire de certaines hormones chez la femme enceinte et sur le diagnostic biologique de la grossesse. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

PRIX ET BOURSES DES GRANDES ÉCOLES ET UNIVERSITÉS.

PRIX LAPLACE. — La médaille est décernée à M. **Roger Balian**, né à Lyon, Ve (Rhône), le 18 janvier 1933, sorti premier de l'École polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT et LAMB. — Le prix est partagé entre les quatre élèves dont les noms suivent, sortis en 1954, avec le no 1 ou 2 de l'École polytechnique, dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

— M. **Roger Balian**, entré premier à l'École des mines, reçoit 30.000fr ;

— M. **Michel Pecqueur**, entré second à l'École des mines, reçoit 15.000fr;

— M. **Jean Pera**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, reçoit 30.000fr;

— M. **Gabriel Giauffret**, entré second à l'École des ponts et chaussées, reçoit 15.000fr.

FONDATION GIRBAL-BARAL. — Une allocation de 25.000fr est accordée à M. **Michel Bernard**, professeur de physique au Lycée Chaptal, auteur d'une thèse sur l'optique électronique.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION LOUTREUIL. — Conseillers : MM. M. de Broglie, L. de Broglie, R. Courrier, Ém. Borel, G. Bertrand, A. Pérard.

Les subventions suivantes sont accordées :

— 30.000fr à l'**Observatoire de Nice**, pour l'achat d'un dispositif photovisuel;

— 65.000fr à M. **Paul Vayssière**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour la publication des deux derniers volumes des Coléoptères de Provence, de H. Caillol ;

— 50.000fr à M. **Pierre Boischot**, directeur de la Station centrale d'agronomie de Versailles, pour contribuer à la réédition de l'ouvrage d'Albert Demolon : *La croissance des végétaux.*

— 65.000fr à M. **Théophile Cahn**, maître de recherches, directeur à l'École pratique des hautes études, pour la publication de son ouvrage intitulé : *Régulations et dysfonctions métaboliques ;*

— 30.000fr à l'**École polytechnique**, pour sa Bibliothèque ;

— 30.000fr à l'**Institut national agronomique**, pour l'achat de périodiques français et étrangers;

— 10.000fr à la **Société d'encouragement pour l'industrie nationale**, pour sa Bibliothèque;

— 10.000fr à la **Société des amis d'André-Marie Ampère**, pour le développement du Musée Ampère, à Poleymieux.

Rapporteur : M. L. de Broglie.

LECTURE.

M. Robert Courrier, Secrétaire perpétuel, lit une *Notice sur la vie et les travaux de Eugène Bataillon, membre non résidant de l'Académie.* Cette notice sera imprimée dans le recueil des *Notices et Discours*, t. III.

L. B., R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 DÉCEMBRE 1954.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE DE BROGLIE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** signale que l'Académie, ayant décidé de ne plus se réunir entre la fête de Noël et le Jour de l'An, tiendra sa prochaine séance hebdomadaire le lundi 3 janvier 1955.

Notice nécrologique sur LEONARD EUGENE DICKSON, par M. **PAUL MONTEL**.

L'Académie a appris tardivement la mort, survenue le 17 janvier 1954, de **LEONARD EUGENE DICKSON**, correspondant pour la section de Géométrie. Il était né à Independence (Iowa) aux États-Unis, le 22 janvier 1874. Il fit ses études supérieures à l'Université du Texas et remplit ensuite les fonctions d'assistant dans diverses Universités. Après son doctorat, il a d'abord poursuivi ses études à Leipzig et à Paris, puis il enseigna successivement à l'Université de Californie, à celle du Texas et, à partir de 1900, à Chicago où il fut nommé professeur de 1910 à 1941 et termina sa carrière comme professeur émérite.

Lauréat du prix de l'American Association for Advancement of Science en 1924, il était membre de la National Academy of Science, de la Philosophical Society et enfin, de l'American Academy; docteur *honoris causa* des Universités de Harvard et de Princeton, membre de la London Mathematical Society, directeur des *Transactions of American Mathematical Society*, Société dont il fut Président.

Ses travaux ont porté principalement sur la Théorie des groupes de substitutions et sur la Théorie des nombres. Il a résolu par des méthodes souvent élégantes des problèmes qui avaient longtemps résisté à l'effort des chercheurs comme par exemple celui de la détermination de tous les sous-groupes d'un groupe donné ou des invariants arithmétiques d'une forme, ce qu'il a complètement résolu dans le cas des formes quadratiques.

Ce sont ces résultats qui, sur un rapport de Camille Jordan, ont entraîné son élection, le 17 mai 1920, à notre Académie comme membre correspondant dans la section de Géométrie.

Il a obtenu d'intéressants résultats sur les nombres parfaits et les nombres amiables; construit une arithmétique des quaternions qui connut le succès. Il a apporté une contribution importante à la solution du problème de Waring de la représentation d'un entier positif comme somme d'un nombre fixe $g(k)$ de puissances $k^{\text{èmes}}$, le nombre g ne dépendant que de k. L'existence, quel que soit k, du nombre minimum $g(k)$ de puissances $k^{\text{ièmes}}$ permettant de représenter tous les entiers [par exemple $g(2) = 4$] a été établie plus tard par Hilbert. Si l'on associe à $g(k)$ le nombre minimum $G(k)$ de puissances $k^{\text{ièmes}}$ permettant la représentation de tous les entiers à partir d'un certain rang, on pénètre dans une théorie qui a fait l'objet de travaux remarquables de Hardy et Littlewood et surtout, de Vinogradov. Dickson, utilisant les méthodes de ce dernier associées à des méthodes personnelles, a résolu presque complètement le problème de la détermination de la fonction $g(k)$.

Il a publié un grand nombre d'ouvrages didactiques relatifs aux groupes linéaires, aux invariants arithmétiques et algébriques, aux groupes finis, à la Théorie des nombres, au problème de Waring.

Les États-Unis perdent en lui un mathématicien autochtone de haute qualité.

Notice nécrologique sur ALBERT FRANCIS BLAKESLEE,

par M. **MAURICE CAULLERY.**

Avec **ALBERT FRANCIS BLAKESLEE** (né le 9 novembre 1874 à Geneseo, New-York, décédé le 16 novembre 1954 à Northampton, Massachusetts), disparaît un des plus éminents biologistes de sa génération. Notre Académie l'avait élu correspondant (section de Botanique) le 28 janvier 1935 et associé étranger le 9 juin 1947.

Blakeslee avait commencé ses études universitaires à la Wesleyan University (Middletown, Conn.) et les avait achevées à l'Université Harvard, où il était devenu, en 1899, assistant au laboratoire de Botanique. Il était venu en Europe de 1904 à 1906 comme boursier de la fondation Carnegie. Professeur de Botanique au Connecticut College de 1907 à 1914, il était ensuite passé, comme Resident-Investigator, à la Station Expérimentale de Biologie de la Carnegie-Institution à Cold Spring Harbor (dans Long Island, près de New-York), puis y avait pris la direction du département de Botanique, qu'il garda jusqu'en 1942. Il se retira ensuite à Northampton (Mass.), où se trouve le Smith-College une des plus brillantes

Universités féminines des États-Unis, dont Mrs Blakeslee était ancienne éléve.

Ce collège avait mis à la disposition de Blakeslee une maison d'habitation, lui avait installé tout un laboratoire et des serres dans un parc récemment acquis. C'est dans cette ambiance que Blakeslee a vécu ses douze dernières années, continuant méthodiquement ses recherches.

Blakeslee a été un travailleur infatigable, pourvu d'une imagination féconde et qui a pu donner tout son temps au laboratoire. Il s'y était entouré d'un groupe nombreux de collaborateurs et collaboratrices, attirés et retenus par le prestige et l'*efficiency* du maître. La production de cette équipe a été d'une valeur éminente et d'une ampleur considérable.

Blakeslee s'était révélé au monde scientifique, dès 1904, par une découverte importante, celle de la sexualité dans les Moisissures (Mucorinées). Alors que certaines espèces produisaient aisément et spontanément des *zygospores*, d'autres, en cultures pures, à partir d'une spore, n'en produisaient jamais. Blakeslee montra que, chez ces dernières espèces, il y avait *hétérothallie*, c'est-à-dire production de *deux sortes de thalles* (+ et —), correspondant chacune à un sexe et que les zygospores ne se réalisaient que par la rencontre de deux thalles + et —, par exemple en culture pure en boîte de Petri, à partir de deux spores de signes différents. Au contraire les zygospores se formaient spontanément chez les Mucorinées *homothalliques*.

Après ce brillant début, et dans son laboratoire de Cold Spring Harbor, Blakeslee s'orienta vers la Génétique, qui venait de connaître, à New-York, un essor majeur entre les mains de Th. H. Morgan et de ses collaborateurs travaillant sur la Mouche du Vinaigre (*Drosophila melanogaster*). Blakeslee opéra une prospection analogue sur une plante de la famille des Solanées (*Datura stramonium*). Par des croisements de variétés et d'espèces voisines, il obtint de nombreuses *mutations*. A l'exemple de Morgan, il en chercha l'explication dans des variations de la structure des chromosomes des noyaux des cellules. *Datura stramonium* présente dans ses noyaux 12 paires de chromosomes (nombre diploïde $2n$) de tailles différentes et par suite assez aisément identifiables. Pendant plus de 20 ans, Blakeslee et ses collaborateurs se sont efforcés par des croisements multiples d'analyser les propriétés conditionnées par les divers chromosomes. Ils ont ainsi obtenu de très nombreuses mutations, en particulier résultant de la présence d'un chromosome supplémentaire (formule $2n + 1$), ou de l'absence d'un chromosome (formule $2n - 1$). Ces formules nouvelles entraînaient, pour chaque cas, la possibilité de 12 catégories différentes suivant la nature du chromosome supplémentaire ou déficient. D'autres catégories de formes nouvelles étaient dues à la réalisation de la *polyploïdie* (noyaux à $4n$, $6n$, $8n$ chromosomes : formes tétra-, hexa-, octo-

ploïdes, à $3n$ chromosomes, triploïdes) ou enfin de formes *haploïdes* (n chromosomes). La polyploïdie était parfois limitée à certains tissus (chimères périclinales).

La polyploïdie, entre les mains de Blakeslee, est devenue expérimentale, en faisant agir sur les graines ou les jeunes plantes la *colchicine*, dont Dustin, en Belgique, avait découvert l'action multiplicatrice sur les chromosomes des noyaux. Blakeslee a employé cette substance, de façon systématique et dans des conditions variées, sur les diverses variétés et espèces de *Datura* et sur d'autres plantes (*Melandryum*, *Nicotiana*, etc.). Grâce à cette technique, il a rendu fécondes des formes jusque-là stériles, notamment des hybrides interspécifiques ou des formes haploïdes (n chromosomes).

Il a aussi imaginé de nombreuses et élégantes expériences en greffant de très jeunes plantes hybrides, qui normalement mouraient rapidement, sur des formes parentes, où, grâce à la greffe, elles survivaient, fleurissaient et pouvaient être reproduites.

Blakeslee a ainsi accompli une œuvre monumentale en Génétique végétale. Par ailleurs, il a fait d'autres recherches très intéressantes, par exemple en étudiant les variations et la transmission héréditaire, chez l'homme, de la sensibilité gustative et olfactive.

Ces brèves indications montrent, j'espère, l'ampleur, la valeur et le caractère méthodique de l'œuvre de Blakeslee. L'homme était particulièrement sympathique, liant, affectueux, simple et exempt de tout orgueil. Il laisse à tous ceux qui l'on connu le meilleur souvenir.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Péridiaminonaphtacène.* Note (*)

de MM. **Charles Dufraisse**, **André Étienne** et **Henri Vayson de Pradenne**.

On décrit la préparation du diamino-9.12 naphtacène et de quelques-uns de ses dérivés; sa structure est déterminée par des épreuves chimiques et physiques

Développant le procédé de synthèse du squelette naphtacénique, par création latérale des noyaux centraux, qui nous avait permis d'accéder à certains derivés de double substitution en péri ([1]), nous avons préparé le composé diaminé I (ou II).

La nouvelle synthèse se déroule parallèlement à la première ([1]) et comporte le même nombre de stades.

On condense, par l'ammoniac en alcool absolu, le malonitrile avec la dibenzylcétone et l'on obtient, dans un premier temps, le sym-diphénylisopropylidènemalonitrile ($C_{18}H_{14}N_2$), III, corps incolore, F_{inst} 51-52°. On lui fait subir

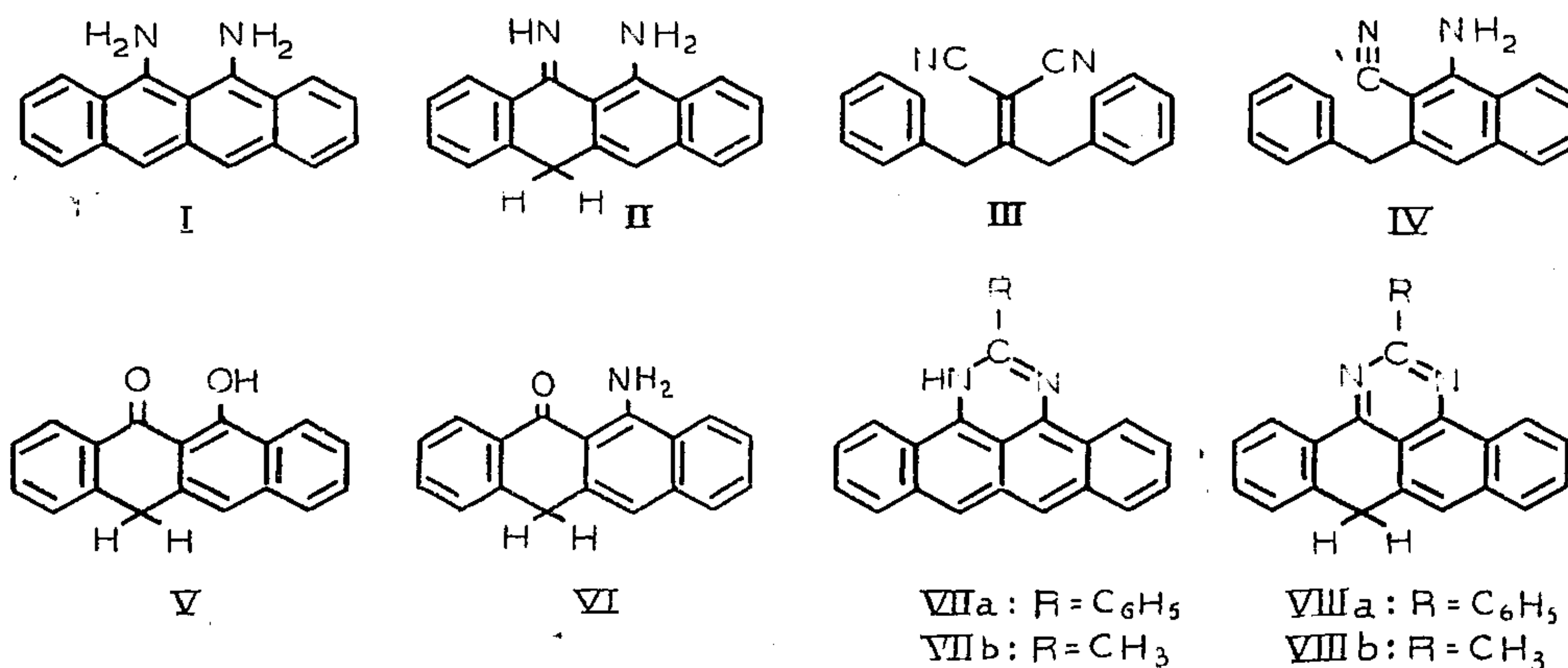
(*) Séance du 8 décembre 1954.

([1]) C. Dufraisse, A. Etienne et R. Bucourt, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2061.

une première cyclisation sous l'action du mélange PO_4H_3 : 65, SO_4H_2 : 30, P_2O_5 : 5. Le produit résultant est la benzyl-3 cyano-2 naphtylamine-1 ($C_{18}H_{14}N_2$), IV, corps incolore, F_{inst} 179-180°, sublimable sans décomposition, insoluble dans les acides dilués. Les deux fonctions de ce composé sont peu réactives. La fonction amine résiste à la diazotation et à l'acylation, ou bien donne des résines, et la fonction nitrile ne se laisse pas attaquer par le phényllithium, contrairement à ce qui se passe pour le corps phénolique correspondant (2).

La deuxième cyclisation conduit à la diamine ($C_{18}H_{14}N_2$), I (ou II). Elle s'opère par l'acide sulfurique à froid et donne, après action de l'eau glacée, le sulfate acide du composé cherché.

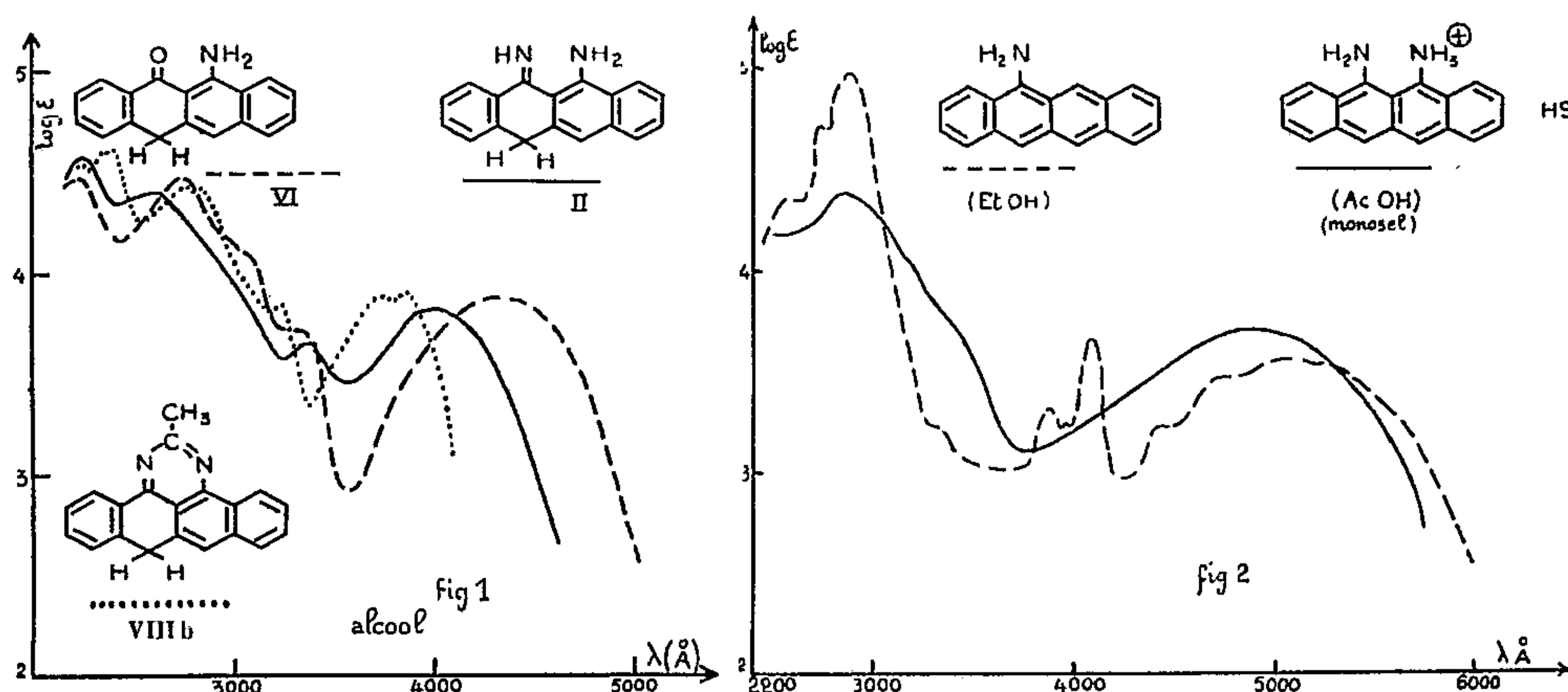
La base I (ou II), dans son état brut, est extrêmement altérable à l'air et même difficilement maniable; mais, purifiée par chromatographie avec des précautions spéciales, elle est relativement stable. C'est une substance jaune, $F_{inst} = 153\text{-}154°$, sensible à l'air. Avec les acides elle se comporte comme une base monovalente : le sulfate acide, $[C_{18}H_{15}N_2]^{\oplus} HSO_4^{\ominus}$, $2H_2O$, F_{inst} vers 220°, avec décomposition, est en cristaux rouge orangé, le monochlorhydrate $[C_{18}H_{15}N_2]^{\oplus} Cl^{\ominus}$, $2H_2O$, F_{inst} vers 200° avec décomposition, est en cristaux rouge violacé.



La constitution ressort déjà du mode même de formation. Elle est appuyée par les faits suivants. La pyrolyse sur zinc fournit du naphtacène, ce qui apporte au moins une forte présomption de la présence du squelette naphtacénique préexistant à ce traitement, assez rude il est vrai. Une hydrolyse à 150° par l'acide chlorhydrique à 10 % donne le péridihydroxynaphtacène antérieurement préparé, ou plutôt sa forme naphtacénonique, V. C'est une première preuve de la position péri des deux atomes d'azote. Une deuxième preuve consiste en la production de périmidines, VII (ou VIII), par acidylation. Ce

(2) C. Dufraisse, A. Etienne et R. Bucourt, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1401.

type de corps, par l'absence d'oxygène dans sa composition, est très caractéristique du voisinage des fonctions amines, tout autre mode d'acidylation devant donner des corps oxygénés; cette formation a donc une grande valeur démonstrative de la position péri des NH_2. On a préparé deux périmidines, l'une phénylée, l'autre méthylée : le corps phénylé, VII*a* (ou VIII*a*), $C_{25}H_{16}N_2$, aiguilles jaunes, F_{inst} 234-235°, puis, après resolidification, 288-289°; le corps méthylé, VII*b* (ou VIII*b*), $C_{20}H_{14}N_2$, aiguilles jaune clair, F_{inst} 182-183°, puis, après resolidification, 190-191°.



La question se posait pour la diamine, comme pour les corps aminés précédemment étudiés ([3]), ([4]), de savoir sous quelles formes pouvaient être la base libre et ses dérivés. Pour information, on a comparé les spectres avec celui du tautomère de l'aminohydroxynaphtacène reconnu ([1]) comme étant la périaminonaphtacénone, VI, d'une part (*fig*. 1), puis avec celui du mésoaminonaphtacène ([3]), d'autre part (*fig*. 2). Contrairement à ce qui avait été trouvé ([3]), ([4]) pour les monoamines naphtacéniques simples, la base libre est probablement sous la forme dihydro (aminonaphtacénone-imine, II) (*fig*. 1). On constate en effet une analogie entre le spectre de l'aminonaphtacénone, VI, et celui de son imine, II, avec un effet hypsochrome normal par passage de VI à II.

Réciproquement, les sels (sulfate, chlorhydrate et même acétate) seraient sous la forme naphtacénique vraie (*fig*. 2), en admettant que les bandes multiples situées dans le visible sont toutes fondues en une large bande unique; ce phénomène, on le sait, est dû à l'influence de la fonction amine et il se manifeste déjà partiellement chez les monoamines naphtacéniques simples ([3]), ([4]).

Dans ce cas, on peut dire que la monosalification ayant inhibé, du point de vue de la résonance, c'est-à-dire de l'influence sur la couleur, une des deux

(3) C. Dufraisse, A. Etienne et B. Rütimeyer, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1601.

(4) C. Dufraisse, A. Etienne et B. Rütimeyer, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 642.

fonctions amines, le produit résultant ne serait plus alors qu'un monoaminonaphtacène, qui prendrait, comme on l'a montré antérieurement ([3]), ([4]), la forme entièrement aromatique; ici toutefois, ce serait la série tout entière des six premières bandes du naphtacène qui seraient fondues en une seule (*fig.* 2), au lieu de trois seulement dans les monoaminonaphtacènes.

Quant aux périmidines, leur spectre (*fig.* 1), voisin de celui de la diamine libre, leur assigne, comme à celle-ci, non pas la structure naphtacénique, VII, mais un agencement dihydronaphtacénique, VIII. Cette formule en fait des dérivés de la quinazoline, des benzylènebenzoquinazolines; ainsi s'explique la facilité de leur formation, parce qu'elle aboutit à un édifice de haute stabilité, à la fois mésodihydronaphtacénique et ang. benzoquinazolinique.

BIOLOGIE. — *Au sujet des caractères sexuels secondaires des Oribates (Acariens).* Note de M. **François Grandjean**.

Les caractères sexuels secondaires sont rarissimes chez les Oribates. Dans l'état de nos connaissances on ne peut guère citer, pour avoir de tels caractères, que des espèces de *Galumnidæ* et d'*Hydrozetidæ*. A ces espèces j'ai récemment ajouté un Palaeacaroïde, *Aphelacarus acarinus*, dont certaines races ont à l'extrémité de leurs palpes une eupathidie qui est fourchue chez les femelles et qui ne l'est pas chez les mâles. Maintenant j'attire l'attention sur le cas de *Podacarus Auberti* n. g., n. sp. un Oribate des îles de Kerguélen.

Les adultes mâles se distinguent des adultes femelles, chez *P. Auberti*, par plusieurs caractères indépendants des organes génitaux. Le plus apparent de ces caractères, jamais observé jusqu'ici chez les Oribates, est la grosseur insolite des pattes postérieures des mâles. Il est très accentué et permet de trier sans hésitation et sans faute, à très faible grossissement (à la loupe), dans un lot d'adultes, les mâles et les femelles.

On pourrait faire le même triage, en grossissant un peu plus, par la chaetotaxie de la région épimérique III-IV et aggénitale, car cette région est néotriche et tous les poils secondaires qu'elle porte sont affectés fortement, en ce qui concerne leur présence ou leur absence, par le sexe.

J'ai repéré au total six de ces poils, tous idionymiques. Les plus précoces sont deutonymphaux. Les trois plus communs sont un poil x implanté entre les poils primitifs $4\,b$ et $3\,b$, un poil y doublant le poil primitif $4\,c$ et un poil z qui est voisin du poil aggénital primitif ag. Voici leurs fréquences dans l'examen de 50 adultes (25 femelles et 25 mâles), 50 tritonymphes et 25 deutonymphes :

Adultes femelles. — x (4 : 50); y (7 : 50); z (4 : 50).

Adultes mâles. — x (50 : 50); y (47 : 50); z (49 : 50).

Tritonymphes. — x (43 : 100); y (36 : 100); z (42 : 100).

Deutonymphes. — x (0 : 50); y (1 : 50); z (1 : 50).

Les nymphes ont été prises au hasard de sorte que les unes sont femelles et les autres mâles.

A la stase adulte, d'après ce relevé, aucun des trois poils n'est particulier à un sexe. Ce n'est pas par sa nature que la néotrichie diffère d'un sexe à l'autre. C'est seulement par son intensité, celle-ci étant beaucoup plus forte chez les mâles. Une différence analogue existe-t-elle déjà aux stases nymphales ?

Les nombres du relevé donnent la réponse, qui est affirmative, mais on voit mieux en classant les 125 individus selon leur *degré de néotrichie*, c'est-à-dire selon le nombre de poils secondaires porté par chacun d'eux ([1]). Les nombres d'individus des divers degrés (ceux-ci vont de 0 à 9) sont donnés par le tableau suivant :

Degrés de néotrichie.	Nombres correspondants d'adultes.	de tritonymphes.	de deutonymphes.
0	15	18	23
1	5	7	2
2	5	3	0
3	0	2	0
4	0	6	0
5	3	6	0
6	10	8	0
7	8	0	0
8	3	0	0
9	1	0	0
	50	50	25

Dans la colonne des adultes les femelles et les mâles sont complètement séparés par deux zéros, ceux des degrés 3 et 4. Ce sont exclusivement des femelles qui ont les degrés 0, 1 et 2. Les degrés 5 à 9 ne se rencontrent que chez des mâles.

Dans la colonne des tritonymphes il n'y a pas de zéro faisant coupure, mais les nombres inscrits diminuent d'abord, jusqu'au degré 3, puis augmentent. Cela veut dire qu'au degré 3, ou à son voisinage, on change de sexe. Les tritonymphes mâles succèdent aux tritonymphes femelles. Précisons en affirmant qu'au degré 3 une tritonymphe est sûrement ([2]) mâle puisque les femelles adultes ne dépassent pas le degré 2 et qu'un

([1]) Un poil secondaire peut exister à droite et à gauche, ou d'un seul côté, ou bien manquer des deux côtés. Phylogénétiquement il est progressif et son évolution a lieu selon le mode vertitionnel (par écarts). Dans l'ontogenèse il est également progressif (proprogression).

([2]) Ce n'est qu'une certitude approchée, naturellement, comme toujours lorsqu'on s'appuie sur une statistique d'organes ou de caractères aléatoires. Une vraie certitude exigerait qu'on eût fait des observations en nombre infini.

poil secondaire, une fois formé sur un individu, à une stase quelconque, subsiste aux stases ultérieures de cet individu, ou bien est remplacé par deux ou plusieurs poils. Ce sont donc seulement les trois tritonymphes de degré 2 dont le sexe est inconnu. Encore doit-on présumer que ces nymphes, ou quelques-unes d'entre elles, sont mâles plutôt que femelles puisque la néotrichie est ici croissante dans l'ontogenèse.

Quant aux 25 tritonymphes de degrés 0 et 1, il est logique de les attribuer au sexe femelle parce que *P. Auberti* a une sexualité normale. Les mâles sont aussi nombreux que les femelles à la stase adulte. Il ne peut pas en être autrement aux stases immatures.

Dans la dernière colonne du tableau les zéros montent jusqu'au degré 2. Les deux seules deutonymphes à sexe certain (mâle) sont celles de degré 1. Les 23 autres sont mâles ou femelles. La néotrichie est trop faible encore, au niveau deutonymphal, pour départager notablement les sexes.

Résumons ce qui précède en disant qu'on reconnaît sans ambiguïté, par la chaetotaxie de la région néotriche, le sexe d'un adulte quelconque, celui de presque toutes les tritonymphes et celui de quelques deutonymphes. Ce résultat est nouveau pour les Oribates. Le sexe d'une nymphe ou d'une larve, dans cet ordre d'Acariens (*P. Auberti* mis à part), n'est révélé par aucun caractère extérieur, et même, plus généralement, par aucun caractère du squelette chitineux.

L'exception est évidente, chez *P. Auberti*, parce que les probabilités d'existence de tous les poils secondaires diffèrent énormément d'un sexe à l'autre. Quelques adultes et quelques tritonymphes suffisent à la montrer. Mais si les probabilités, quoique loin d'être égales, ne différaient pas énormément, nous ne serions avertis par rien qui puisse être observé sur un petit nombre d'individus. Si donc il ne semble pas, au premier abord, que le sexe intervienne dans les vertitions d'une chaetotaxie, tenons néanmoins pour possible qu'il le fasse. Dès le commencement d'une étude statistique de ces vertitions (ou d'autres variations individuelles) il faut noter le sexe de chaque individu. C'est une précaution facile à prendre à la stase adulte puisqu'il suffit d'examiner les organes génitaux par transparence. On tiendra compte ensuite, aux autres stases, s'il y a lieu et si c'est possible, des résultats obtenus sur les adultes.

Dans une prochaine publication je reviendrai sur la néotrichie sexuelle de *P. Auberti*. Des figures sont nécessaires pour la bien comprendre. En même temps je décrirai ce remarquable Acarien, car il ne l'a pas été jusqu'ici. Voici, en attendant, une diagnose qui suffit, ajoutée aux caractères donnés plus haut, à le définir [3] :

---

[3] J'utilise les abréviations habituelles et celles que j'ai employées en 1953 dans mon *Essai de classification des Oribates* (*Bull. Soc. Zool. Fr.*, 78, p. 423-427).

Aphéréderme pycnonotique normal. Cérotégument brun à toutes les stases. Nymphes plissées unidéficientes à grands sclérites dorsaux sur l'hysterosoma, comme chez *Notaspis antarctica* Michael ([4]). Ca E. Ng (14). G (1-3-5-6). At 3. PF lv. AcmS dès la stase larvaire. DDC el. N 1 (0-0-0-0-7). Pas d'organes trachéens pédieux. Trichobothrie petite, avec sensillus globuleux à tige très courte, ne changeant pas pendant le développement. Poils interlamellaires grands chez les larves, petits, avortés ou manquants chez les adultes. Papilles génitales très aplaties, sessiles. Famulus vestigial. Solénidion ω_1 toujours accouplé à *ft''* (I) ou à *ft'* (II). Solénidion ω_2 II, deutonymphal, accouplé à *ft''*. *Provenance :* Iles de Kerguélen, mai 1952; Prairies d'Acoena; Port-aux-Français. Coll. E. Aubert de la Rüe.

L'adulte a une longueur de 1100 à 1330 μ. Ses carènes prodorsales sont effacées et variables. Son notogaster, complètement séparé du prodorsum, en avant, a une bosse pseudolenticulaire (sans lenticule) et des rides humérales. Ses apodèmes ne sont pas troués. Ses pedotecta I et II sont petits. Son hypostome est incomplètement séparé des pièces maxillaires.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *La lutte contre la rage chez les animaux et chez l'Homme.* Note de M. **Gaston Ramon**.

Après nous être livré dans une Note précédente ([1]) à des considérations d'ordre immunologique sur les vaccins antirabiques et en particulier sur le virus-vaccin pastorien, nous envisagerons brièvement la situation sanitaire en matière de rage chez les animaux domestiques et les moyens qui s'imposent pour lutter efficacement contre cette maladie épizootique ([2]).

C'est une vérité évidente d'affirmer que sans rage animale il n'y aurait pas de rage humaine. Toute l'attention doit donc porter sur la prophylaxie de la rage chez les animaux.

La situation sanitaire en ce qui concerne la rage est aujourd'hui inquiétante et préoccupante. On enregistre, en effet, depuis quelques années dans diverses régions du globe, une recrudescence de la rage chez les animaux et par conséquent chez l'Homme. C'est ainsi que les États-Unis sont, à l'heure présente encore, très infectés. L'épizootie de rage qui sévit au Canada depuis 1947 est la plus sérieuse que ce pays ait connue.

([4]) A. D. Michael, *Acarida* (*Oribatidæ*), p. 5 et pl. II, *fig.* 3, dans *Expédition antarctique belge*, 1897-1899. Rapports scientifiques (Zoologie), Anvers, 1903.

([1]) G. Ramon, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1568.

([2]) Nous nous livrons à une étude plus complète de ces questions dans un rapport qui est actuellement sous presse dans le *Bulletin de l'Office international des Épizooties*, 41, 1954, p. 1011 et dans la *Revue d'Immunologie*, 18, 1955, nos 1-2.

En Europe, la rage s'avance progressivement vers l'Ouest à travers l'Allemagne. La rage n'épargne ni l'Afrique, ni l'Asie. Seul le continent australien fait exception.

Cependant un certain nombre de pays comme la Belgique, la France, la Grande-Bretagne, l'Irlande, la Norvège, les Pays-Bas, la Suède, la Suisse, etc. sont actuellement indemnes étant parvenus, depuis plus ou moins longtemps, à éliminer la rage de leur territoire par la seule mise en œuvre de mesures rigoureuses d'éradication : *abattage immédiat de tout animal atteint de rage, déclaration sans délai des cas de rage, recherche et abattage des chiens qui ont été en contact avec un animal enragé, capture des chiens errants, destruction des animaux sauvages réceptifs à la rage et qui peuvent être les réservoirs et les vecteurs du virus rabique, etc.* La vaccination antirabique systématique n'a été pratiquée dans aucun de ces pays.

Ces mêmes pays ainsi que d'autres tels que l'Australie, la Nouvelle-Zélande qui sont depuis toujours exempts de rage, ont réussi à se préserver de ses incursions en appliquant strictement les *mesures de protection* : interdiction d'importation de chiens en provenance de pays profondément infectés, quarantaine prolongée, etc.

Ainsi les mesures sanitaires d'éradication et de préservation de la rage qui ont donné toutes les preuves de leur efficacité dans de nombreux pays doivent être considérées comme ayant un rôle primordial dans la lutte contre la rage. Il importe donc que, dans la pratique, l'exécution de ces mesures soit poursuivie avec toute la rigueur possible sans défaillance.

La *vaccination préventive du chien contre la rage* qui est bien capable de conférer un certain degré d'immunité antirabique à cet animal, peut rendre d'utiles services mais, en aucun cas, elle ne doit faire négliger l'application des mesures sanitaires, sous peine d'assister à la réapparition de la rage que l'on croyait avoir jugulée.

Si certains pays comme la Hongrie par exemple, ont réussi à se débarrasser totalement ou presque de la rage, c'est en appliquant conjointement la vaccination et les mesures sanitaires, certaines de celles-ci étant exécutées d'une façon draconienne. Par contre, dans d'autres pays qui, depuis plus de vingt ans, font usage de la vaccination, la rage continue de sévir avec plus ou moins d'intensité du fait, pour une part, de circonstances spéciales telles que l'existence et la persistance des animaux sauvages réceptifs qui entretiennent et disséminent le virus.

Il existe actuellement, en usage, deux procédés fondamentaux de vaccination antirabique du Chien :

a. Le procédé qui utilise des vaccins constitués par un virus rabique inactivé au moyen du formol notamment et transformé ainsi en anavirus selon la méthode d'obtention des anatoxines et des vaccins anavirulents ;

b. Le procédé qui emploie un virus-vaccin « vivant » (par exemple le virus de la souche « Flury » atténué par 40 ou 50 passages sur l'embryon de poulet).

La préférence doit être donnée à des vaccins ne renfermant que du virus totalement inactivé et jouissant d'une innocuité absolue et non pas seulement relative. *Le Primum non nocere* doit toujours être de rigueur même chez les animaux. D'ailleurs, en accordant la prédilection aux vaccins inactivés, on se conforme à la Résolution d'ordre général émise par le dernier Congrès international de médecine vétérinaire ([3]).

Tout lot de vaccin destiné à l'usage dans la pratique devra être rigoureusement contrôlé dans son innocuité et dans son efficacité. Les vaccins inactivés se prêtent facilement à ce contrôle. Ils ont de plus l'avantage de bien se conserver et d'être stables dans leurs propriétés. Il est indiqué d'effectuer la vaccination du Chien au moyen de deux injections sous-cutanées à 15 jours d'intervalle. Une injection de rappel sera pratiquée un an après la vaccination.

Il se dégage d'un bref examen de la question du traitement préventif de la rage après morsure, chez l'Homme, qu'il y a intérêt à faire usage de la sérovaccination spécifique réalisée à l'aide, d'une part, d'un sérum très riche en anticorps neutralisants (antivirus) qui sera employé en injection ou en application locale (au niveau des morsures) et, d'autre part, d'un vaccin inactivé.

Tels sont les moyens qui, dans l'état actuel de la science, s'offrent à nous pour lutter contre la rage des animaux et indirectement contre la rage de l'Homme puisque celle-ci est la conséquence de celle-là. On doit surtout retenir :

1° que les mesures sanitaires sévères et strictement appliquées ont, à elles seules, permis dans le passé à de nombreux pays de se libérer de la rage et de s'en préserver depuis lors. Elles doivent donc garder à l'heure présente encore, la première place dans le combat contre la rage des animaux;

2° que la vaccination antirabique qui, de préférence, doit être pratiquée à l'aide d'un vaccin constitué par du virus rabique complètement inactivé, apparaît comme un supplément de précaution, comme un complément utile, dans certains cas bien déterminés, des mesures sanitaires. La vaccination ne peut avoir son effet qu'en association avec ces mesures.

Le rôle essentiel dans la lutte contre la rage appartenant aux mesures sanitaires dont les principales sont, répétons-le, l'abattage de tout animal enragé, la capture des chiens errants, la destruction des animaux sauvages réceptifs à la rage, etc., tous les efforts doivent donc porter dans chaque pays aux prises avec cette maladie, en premier lieu sur l'application sévèrement conduite de ces mesures et secondairement et dans certains cas sur l'emploi de la vaccination.

Pour être vraiment efficaces, les efforts des différents pays doivent être coordonnés, uniformisés d'un commun accord et c'est pourquoi, nous avons proposé ([4]) d'établir une *Convention sanitaire internationale pour*

([3]) *XVe Congrès international de Médecine vétérinaire*, Stockholm, 1953.

([4]) G. RAMON, *Bull. Off. internat. des Épizooties*, 42, 1954, p. 28.

la prophylaxie de la rage, reposant sur l'ensemble des mesures qui ont grandement fait leurs preuves.

Les mesures codifiées dans cette Convention et rigoureusement mises en œuvre permettront de réduire d'abord, puis de faire disparaître la morbidité rabique chez les animaux et par voie de conséquence chez l'Homme, comme elles l'ont fait disparaître dans un passé plus ou moins lointain, dans un certain nombre de pays.

Telles sont, dans l'état présent de nos connaissances, les solutions à apporter aux problèmes que posent actuellement la rage et sa recrudescence dans diverses contrées.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome 235 (Juillet-Décembre 1952) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. **Roger Heim** signale que l'**Institut botanique Komarov** de l'Académie des sciences de l'U. R. S. S. « rend hommage à la mémoire du grand naturaliste français Lamarck à l'occasion du 125ᵉ anniversaire de la date de sa mort ».

M. **Pierre-P. Grassé** fait hommage à l'Académie des Sciences du tome XII du *Traité de Zoologie*. Ce tome est tout entier consacré à l'exposé des grands problèmes relatifs à l'embryologie, à l'anatomie comparée et aux caractéristiques biochimiques des Vertébrés. Le thème général de l'Ouvrage est de montrer l'évolution des principaux grands systèmes organiques tant au cours de l'ontogenèse que de la phylogenèse. A cet égard, le nouveau tome du *Traité de Zoologie* ne fait double emploi avec aucun des actuels manuels ou traités d'anatomie comparée ou d'embryologie.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée du *Congrès-Exposition de l'appareillage chimique* qui aura lieu, à Francfort-sur-le Main, du 14 au 22 mai 1955.

Mmes Vves **Paul Meunier, Maurice Piettre** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs maris.

Mme **Alfred Fessard**, Mlle **Alice Serres**, MM. **Henri Amiot, Louis Arbey, Georges Aubert, Paul Bailliart, Roger Balian, Jean Barraud, Augustin Blaquière, Pierre Bernard, André Boullé, Lucien Bull, Théophile Cahn, Pierre Carrière, Gilbert Castany, Étienne Crausse, Hubert Curien, Georges Darmois, Antoine Delattre, Maurice Deparis, Guy Deysson, Marius Duriez,**

Maurice Ferrand, Alfred Fessard, Marcel Fèvre, Paul Fleury, Marc Foex, André Gempp, Paul Grenier, Michel Hervé, Jacques Houget, Georges-Sylvain Houot, Émile Josso, Marc Julia, Théo Kahan, Robert Kühner, Raymond Latarjet, Robert Lemesle, André Lichnerowicz, Jean Loriers, Louis Malassis, Gaston Mayer, Henri Milloux, Léon Pales, Paul Queney, Jean Rigaudy, Pierre Rivals, Henri Romagnesi, Maurice Rose, Mario Sollima, Max Teissié-Solier, Yves Thiry, Georges Valiron, Henri-V. Vallois, Maurice Verdun, Pierre Willm adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

M[me] la Directrice des **Établissements de Carcado Saisseval**, M[lles] **Geneviève Beaupère, Marinette Marchandon** remercient l'Académie des encouragements qu'elles ont reçus.

MM. **Michel Bernard, Pierre Boischot, Pierre Bouché, Théophile Cahn**, le Général Commandant l'**École Polytechnique**, le Président de l'**Institut national agronomique**, le Président de la **Société d'encouragement pour l'industrie nationale** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées pour leurs recherches ou leurs Bibliothèques.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Elementos de la Teoria de Funciones*, por J. Rey Pastor.

2° *Geological Map of East Africa*, à l'échelle de 1/200 000[e] établie sous la direction de Inter-Territorial Geological Conference, 1952.

ALGÈBRE. — *Un treillis universel des géométries projectives.* Note de M. **Marcel Paul Schützenberger**, présentée par M. René Garnier.

On dira que le treillis modulaire $\mathfrak{T}$ est un treillis universel des géométries projectives si le treillis $\mathfrak{L}_n$ des variétés linéaires de l'espace projectif à n dimensions sur un corps K est, quel que soit le corps simple K, une image homomorphe de $\mathfrak{T}$ pour les opérations de réunion et d'intersection. Cette définition est satisfaite en particulier si $\mathfrak{T}$ est le treillis modulaire libre à $n+2$ générateurs. On montrera ici que :

Une condition nécessaire et suffisante pour que les $n+2$ éléments x_i engendrent un treillis universel des géométries projectives ne possédant aucune image homomorphe distributive non triviale, est qu'il existe $n+2$ éléments x_i tels que : 1° $x_i = p_i$ pour tout i, où les p_i sont des polynomes latticiels en les a_i, dont on donnera l'expression ci-dessous; 2° l'un au moins des segments η_j (définis ci-dessous) ne soit pas dégénéré.

Notations. — i, j et k sont trois indices génériques distincts de l'intervalle $I = [1, n+2]$. E (respectivement : E′) désigne l'ensemble des couples d'indices distincts de I (respectivement : de $I - j$). On pose

$$s_j = \bigcap_{i \in I - j} a_i; \quad s = \bigcup_{i \in I} s_i; \quad s_{jk} = s_{kj} = \bigcap_{i \in I - j - k} a_i; \quad t_j = \bigcup_{i \in I - j} s_{ji};$$

$$r_{jk} = r_{kj} = s_{jk} \cap \Big(\bigcap_{i \in I - j - k} t_i \Big); \quad q_j = \bigcup_{e \in E'} r_e; \quad r = \bigcup_{i \in I} q_i = \bigcup_{e \in E} r_e$$

et enfin $p_i = q_i \cup s$.

1° La condition est nécessaire. Soient $x_i (i \in I)$, $n+2$ hyperplans à $n-1$ dimensions d'un espace projectif à n dimensions et $y_{jk} = \bigcap_{i \in I - j - k} x_i$ leurs intersections n à n. On vérifie que si tous les y_{jk} sont distincts, ce sont des points et que l'on a en posant $x_i = a_i$:

$$\emptyset = s_i = s; \quad a_i = t_i = q_i = p_i; \quad y_{jk} = s_{jk} = r_{jk}.$$

2° La condition est suffisante. Les calculs sont simplifiés en observant que d'après une remarque de Whitman ([1]), les s_i sont distributifs, c'est-à-dire que $f(a_i \cup s_i) = f(a_i) \cup s_i$ quel que soit le polynome $f(\ )$. On prouve ensuite :

a. $s_j \cup s_k \subset r_{jk} \subset s_{jk}$ d'où $a_j \cap r_{jk} = s_k$.

Comme $s_{jk} \subset a_i$ pour tout $i \in I - j - k$, on peut appliquer la loi modulaire successivement à chacun des termes $a_{i'}$ $(i' \neq i)$ du monome s_{jk} dans l'expression $s_{jk} \cap t_i$ qui est donc égale à $a_i \cap (s_{ij} \cup s_{ik})$, d'où :

$$r_{jk} = s_{jk} \cap \Big(\bigcap_{i \in I - j - k} (s_{ij} \cup s_{ik}) \Big) = s_{jk} \cap \Big(\bigcap_{i \in I - j - k} (a_k \cup s_{ik}) \Big).$$

b. Si F est une partie de E et $\overline{F}$ la fermeture d'équivalence de F :

$$\bigcup_{e \in F} r_e = \bigcup_{e \in \overline{F}} r_e.$$

Par symétrie il suffit de montrer que $r_{jk} \subset r_{ij} \cup r_{ik}$. On utilise la dernière expression précédente et, avec l'aide de la loi modulaire, on obtient en regroupant les termes

$$r_{ij} \cup r_{ik} = \{ s_{ij} \cup s_{ik} \} \cap \{ (a_j \cup s_{jk}) \cap (a_k \cup s_{jk}) \} \cap \Big(\bigcap_{i' \in I - i - j - k} \{ (a_j \cup s_{ji'}) \cap (a_k \cup s_{ki'}) \} \Big),$$

d'où le résultat, puisque chacune des accolades est en relation $\supset$ avec l'accolade correspondante de

$$r_{ij} = \{ s_{ij} \cup s_{ik} \} \cap \{ s_{jk} \} \cap \Big(\bigcap_{i' \in I - i - j - k} \{ s_{ji'} \cup s_{ki'} \} \Big).$$

---

(1) *Amer. J. Math.*, 65, 1943, p. 79-96.

c. $q_j \cap r_{jk} = s_k$. ($r_{ik} \subset q_j$ entraîne $s_k \subset q_j$ et, d'autre part, pour tout $e \in E'$: $r_e \subset s_e \subset a_j$).

d. On écrit s'_j, s'_{jk}, ... p'_i pour représenter le polynome correspondant, mais où les a_i sont remplacés par les q_i. On a :

$$r'_{jk} = r_{jk} \quad \text{et} \quad q'_j = q_j$$

($q_i \subset a_i$ entraîne $s'_{jk} \subset s_{jk}$ et $r_{jk} \subset q_i$ entraîne $q_i \cap s_{jk} = r_{jk}$; donc $s'_{jk} = r_{jk}$, $t'_j = q_j$, etc.).

e. *Impossibilité d'une image homomorphe distributive non triviale*. — Tous les segments tels que $\eta_j = [q_j \cup s\,;\, r]$ sont projectivement équivalents et équivalents aux $\eta_{jk} = [s_j \cup s_k\,;\, r_{jk}]$. $\big((q_j \cup s) \cap r_{jk} = s_j \cup s_k$ et $q_j \cup s \cup r_{jk} = r$ entraînent l'équivalence de $[q_j \cup s\,;\, r]$ et de $[s_j \cup s_k\,;\, r_{jk}]$. D'où le résultat puisque η_j est symétrique en les $a_i (i \in I - j)$ et η_{jk} en a_j et $a_k\big)$.

Dans une publication ultérieure on envisagera certaines conséquences des résultats précédents dans la théorie des lois universelles des treillis modulaires.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la représentation conforme des aires multiplement connexes*. Note de M. **Joseph L. Walsh**, présentée par M. Paul Montel.

Des cas limites d'un résultat récent de l'auteur peuvent se démontrer; ils se montrent importants dans la théorie des séries d'interpolation.

Nous indiquons la démonstration du théorème suivant :

Soit D *une aire du plan des z dont la frontière consiste en courbes de Jordan* $C_1, C_2, \ldots, C_\nu$, *deux à deux disjointes; soient* $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_\mu$, *des points arbitraires distincts de* D, *et soient* $M_1, M_2, \ldots, M_\mu$, *des nombres positifs avec* $\Sigma M_j = 1$. *Il existe une représentation conforme de* D *sur une aire* Δ *du plan des* Z, *continue et biunivoque dans les aires fermées, où* Δ *est définie par*

$$(1) \qquad \left| \frac{A(Z-a_1)^{M_1}(Z-a_2)^{M_2}\ldots(Z-a_\mu)^{M_\mu}}{(Z-b_1)^{N_1}(Z-b_2)^{N_2}\ldots(Z-b_\nu)^{N_\nu}} \right| < 1, \qquad \Sigma N_j = 1.$$

Les a_j *sont les images des* α_j; *les images des* C_j *séparent les* b_j *respectivement de* Δ.

Ce théorème est un cas limite d'un théorème dont la démonstration [1] s'applique avec quelques modifications que nous allons exposer.

Écartons le cas classique $\mu = 1$, $\nu = 1$, et prenons les courbes C_j analytiques, D à l'intérieur de C_1. Si $g_j(z)$ désigne la fonction de Green pour l'aire D avec pôle au point α_j, nous posons

$$u(z) \equiv M_1 g_1(z) + M_2 g_2(z) + \ldots + M_\mu g_\mu(z),$$

[1] J. L Walsh, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1572.

fonction qui est harmonique sur chacune des courbes C_j et un peu au delà, disons dans une aire fermée D' qui contient la fermeture $\overline{D}$ de D et dont la frontière $C' : u(z) = -\delta (< 0)$ consiste en ν courbes de Jordan analytiques. Si $v(z)$ est la fonction conjuguée de $u(z)$, la formule de Green s'écrit ([2])

$$u(z) \equiv \int_0^1 \log|z-t|\,d\sigma - \sum_1^{\mu} M_j \log|z-\alpha_j| - \delta,$$

$$d\sigma = \frac{dv}{2\pi}, \qquad \int_{C'} d\sigma = 1.$$

La dérivée de $u(z) + iv(z)$ ne s'annule pas sur C_j ou C'.

Si les β_K (qui dépendent de n) divisent C' en n parties égales par rapport au paramètre σ, et si l'on choisit les entiers m_j qui dépendent de n avec $\Sigma m_j = n$, $m_j/n \to M_j$, on a uniformément dans $\overline{D}$:

$$u_n(z) \equiv \frac{1}{n}\sum_1^n \log|z-\beta_K| - \frac{1}{n}\sum_1^{\mu} m_j \log|z-\alpha_j| - \delta \to u(z).$$

Pour $n \to \infty$, D est approché par $D_n : |u_n(z)| > 0$, aire à frontière formée par ν courbes de Jordan analytiques près des C_j. Chaque point de D se trouve dans tous les D_n pour n assez grand; chaque point extérieur à D appartient au plus à un nombre fini de D_n. D_n se représente par l'inégalité $|R_n(z)| > 1$,

$$R_n(z) \equiv e^{nu_n(z)} \equiv \frac{e^{-n\delta}(z-\beta_1)(z-\beta_2)\dots(z-\beta_n)}{(z-\alpha_1)^{m_1}(z-\alpha_2)^{m_2}\dots(z-\alpha_\mu)^{m_\mu}}.$$

L'équation $w = R_n(z)$ définit la représentation conforme du plan des z sur une surface de Riemann à n feuillets et l'image $|w| > 1$ de D_n est connexe, ayant pour frontière ν circonférences $|w| = 1$ des multiplicités n_j, les n_j étant les nombres des β_k sur les composantes respectives de C'. Les ν aires du plan des z complémentaires à D_n ont pour images ν aires simplement connexes, recouvrant $|w| < 1$ respectivement n_j fois.

Nous définissons une surface σ_1 en remplaçant continûment chacune de ces ν aires par une surface connexe recouvrant $|w| < 1$ également n_j fois, avec un seul point de ramification $w = 0$. Donc (Schwarz) σ_1 se représente sur le plan des Z par une transformation biunivoque :

$$w = S_n(Z) \equiv \frac{A_n(Z-b'_1)^{n_1}(Z-b'_2)^{n_2}\dots(Z-b'_\nu)^{n_\nu}}{(Z-a'_1)^{m_1}(Z-a'_2)^{m_2}\dots(Z-a'_\mu)^{m_\mu}};$$

les a'_j et b'_j (dépendants de n) sont tous distincts, les b'_j extérieurs à l'image Δ_n : $|S_n(Z)| > 1$ de D_n et les a'_j dans Δ_n comme images des α_j. Nous écrivons $Z = Z_n(z)$

([2]) J. L. WALSH, *Interpolation and Approximation*, New York, 1935, p. 215.

la transformation $R_n(z) = S_n(Z)$. Choisissons a'_1, b'_1, b'_2 comme points a_1, b_1, b_2 distincts indépendants de n. [Si $\nu = 1$ on fixe a'_1, a'_2, b'_1.]

Les fonctions $Z_n(z)$ admettent dans l'aire D_0, définie comme D avec l'omission du point α_1, les valeurs exceptionnelles a_1, b_1, b_2. On démontre qu'aucune suite partielle des $Z_n(z)$ ne tend vers une limite constante (finie ou infinie) dans D_0, donc la famille des fonctions $Z_n(z)$ est normale dans D, et la démonstration s'achève de la façon indiquée auparavant [1].

Dans la théorie de l'approximation et de l'interpolation d'une fonction $f(z)$, il faut souvent couvrir un domaine donné par les courbes de niveau d'une fonction harmonique, fonction qui dépend évidemment du processus de l'approximation ou de l'interpolation ; le degré de l'approximation de $f(z)$ et le domaine de convergence de la suite d'approximation dépendent en premier lieu des aires d'holomorphie de $f(z)$ par rapport à ce système de courbes. Le théorème présent est utile dans de telles circonstances, car les α_j peuvent servir comme points d'interpolation. Les courbes de niveau de la fonction dans (1) sont des lemniscates généralisées, particulièrement simples si $\mu = 1$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur une classe de fonctions univalentes.* Note de M. **Maxwell Reade**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Démonstration de l'inégalité $|a_n| \leq n$, si $a_0 = 0$, $a_1 = 1$, pour le développement $\Sigma a_n z^n$ des fonctions de la classe définie dans la Note.

Soit $f(z)$ une fonction analytique et univalente pour $|z| < 1$. Selon M. W. Kaplan [1] on dit que $f(z)$ est presque convexe seulement s'il y a une fonction $\Phi(z)$, analytique, univalente, et convexe pour $|z| < 1$, telle que

$$\mathcal{R}\frac{f'(z)}{\Phi'(z)} \geqq 0 \qquad (|z| < 1). \tag{1}$$

Si les fonctions $f(z)$ et $\Phi(z)$ ont les formes normalisées

$$f(z) \equiv z + a_2 z^2 + a_3 z^3 + \ldots, \tag{2}$$

$$\Phi(z) \equiv z + a_2 z^2 + b^3 z^3 + \ldots, \tag{3}$$

il est facile de voir que l'on a

$$g(z) \equiv \frac{f'(z)}{\Phi'(z)} \equiv 1 + c_1 z + c_2 z^2 + \ldots. \tag{4}$$

Or, si $f(z)$ est presque convexe, on a $\mathcal{R}g(z) \geqq 0$, et il est bien connu que pour une telle fonction on a [2]

$$|c_n| \leqq a \qquad (n \geqq 1) \tag{5}$$

(1) *Michigan Math. J.*, 1, 1952, p. 169-185.

(2) C. Caratheodory, *Rend. Circ. Mat. Palermo*, 32, 1911, p. 465-472.

D'ailleurs, on sait que pour les fonctions convexes (3) on a ([3])

(6) $$|b_n| \leq 1 \qquad (n \geq 1).$$

En se servant des relations entre les coefficients a_n, b_n, c_n, déduites de (2), (3) et (4), et en se servant des inégalités (5) et (6), on obtient

(7) $$|a_n| \leq n, \qquad (n \geq 2).$$

Si les fonctions $f(z)$ et $\Phi(z)$ ne sont pas normalisées comme dans (2) et (3) plus haut, on peut, par des transformations simples, obtenir le résultat suivant.

THÉORÈME. — *Si* $f(z) \equiv \sum_{0}^{\infty} a_n z^n$ *est analytique et presque convexe pour* $|z| < 1$, *on a les inégalités*

$$|a_n| \leq n\,|a_1| \qquad (n \geq 1).$$

Cela démontre, sous la restriction indiquée, la célèbre hypothèse de M. L. Bieberbach. Comme M. Kaplan l'a établi, sa nouvelle classe est plus étendue, effectivement, que les classes bien connues « convexes » et « étoilées » et la classe introduite par MM. S. Robertson ([4]) ; notre théorème contient donc les anciens résultats, et un peu plus.

En se servant de la classe de fonctions presque convexes, on peut donner une démonstration directe et simple de l'inégalité

$$|a_n| \leq n^2 \qquad (n \geq 1),$$

pour les fonctions (2) qui sont « étoilées dans une direction » ([4]). D'ailleurs, on peut donner une démonstration d'un théorème de M. V. Paatero : les fonctions (2) qui sont analytiques pour $|z| < 1$, pour lesquelles $f'(z) \neq 0$, et pour lesquelles la rotation de la frontière est bornée par 4π, sont univalentes pour $|z| < 1$ ([5]).

Par des considérations semblables, on peut obtenir le théorème suivant, qui contient un résultat de M. A. Renyi ([6]).

THÉORÈME. — *Soit* $f(z) \equiv z + a_2 z^2 + a_3 z^3 + \ldots$ *analytique pour* $|z| < 1$. *Supposons* $f'(z) \neq 0$, et

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} \mathcal{R}\left(1 + re^{i\theta}\,\frac{f''(re^{i\theta})}{f'(re^{i\theta})}\right) d\theta > -\frac{\pi}{\alpha}$$

pour tout $\theta_1 < \theta_2$ *et pour tout* r, $0 \leq r < 1$. *Alors,* $f(z)$ *est univalente et l'on a*

$$|a_n| \leq \frac{n+1}{2} \qquad (n \geq 1).$$

Enfin, on peut faire des applications des fonctions presque convexes aux fonctions p-valentes pour obtenir quelques résultats analogues.

([3]) I. PRIVALOFF, *Mat. Sbornik*, 31, 1924.
([4]) M. S. ROBERTSON, *Amer. J. Math.*, 58, 1936, p. 465-472.
([5]) V. PAATERO, *Ann. Acad. Sc. Fenn.*, A, 37, 1933, p. 9.
([6]) *Publ. Mathem. Debrecen*, 1, 1949, p. 18-23.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les automorphismes infinitésimaux d'une G-structure*. Note (*) de M. **Robert Hermann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Résultats locaux et globaux sur les automorphismes infinitésimaux d'une G-connexion généralisant les résultats et rectifiant une erreur dans une Note précédente [1].

5. On conserve les notations de la Note précédente [1]. Soit $G \subset GL(n)$ et soit donnée une G-structure sur V_n. Étant donné un recouvrement (U^α) de V_n, la G-structure est définie dans chaque U^α par n formes de Pfaff indépendantes $(\omega_1^\alpha, \ldots, \omega_n^\alpha) = \omega^\alpha$, telle que, dans $U^\alpha \cap U^\beta$, $\omega^\alpha = M^{\alpha\beta}\omega^\beta$, où la matrice des fonctions $M^{\alpha\beta} \in G$ en chaque point de $U^\alpha \cap U^\beta$. Une G-connexion associée à la G-structure est donnée dans chaque U^α par une $n \times n$-matrice θ^α des formes de Pfaff telle que $\theta^\alpha \in \tilde{G}$ en chaque point de U^α et telle que, dans $U^\alpha \cap U^\beta$, $\theta^\alpha = dM^{\alpha\beta}M^{\beta\alpha} + M^{\alpha\beta}\theta^\beta M^{\beta\alpha}$. La matrice de courbure associée à la G-connexion est définie par $\Omega^\alpha = d\theta^\alpha - \theta^\alpha \wedge \theta^\alpha$, avec la loi tensorielle de transformation dans $U^\alpha \cap U^\beta$: $\Omega^\alpha = M^{\alpha\beta}\Omega^\beta M^\beta$. Pour chaque $x \in U$, définissons $K_n^\alpha = L_x(\Omega^\alpha)$. Si $x \in U^\alpha \cap U^\beta$, alors $K_x^\alpha = M^{\alpha\beta}(x)K_x^\beta M^{\beta\alpha}(x)$ et alors le système (K_x^α) définit en chaque point $x \in V$ une algèbre de Lie K_x d'endomorphismes de l'espace tangent en ce point. [Cette algèbre n'est pas égale en général à l'algèbre de Lie du groupe d'holonomie, d'où une erreur dans la Note précédente [1]. C'est vrai cependant pour les métriques symétriques; la démonstration donnée pour le théorème 3 est donc encore valable. Nous allons démontrer par une autre méthode un théorème comprenant tous les résultats précédents].

Soit η un champ vectoriel sur V. Dans chaque U^α il existe une matrice a^α de fonctions telle que $\eta(\omega^\alpha) = a^\alpha\omega^\alpha$. η définit un automorphisme infinitésimal de la G-connexion resp. (G-structure) si :

$$da^\alpha = \eta(\theta^\alpha) + \theta^\alpha a^\alpha - a^\alpha\theta^\alpha, \tag{1}$$

(2) $a^\alpha \in \tilde{G}$ en chaque point de U.

6. Admettons que $\tilde{G}$ est réductive dans L_n, c'est-à-dire que $L_n = \tilde{G} \oplus \tilde{M}$ où $adj\,\tilde{G}(\tilde{M}) \subset \tilde{M}$. Admettons de plus que η définit un automorphisme infinitésimal de la G-connexion. Alors, $a^\alpha = b^\alpha + c^\alpha$, où $b^\alpha \in \tilde{G}$ et $c^\alpha \in \tilde{M}$ en chaque point de U. On déduit :

$$dc^\alpha = \theta^\alpha c^\alpha - c^\alpha\theta^\alpha \tag{3}$$

(*) Séance du 8 décembre 1954.

(1) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1178.

et

(4) $$0 = \Omega^\alpha c^\alpha - c^\alpha \Omega^\alpha.$$

On a, dans $U^\alpha \cap U^\beta$, $c^\alpha = M^{\alpha\beta} c^\beta M^{\beta\alpha}$ et alors le système (c^α) définit un champ sur V, $C : x \to C_x$, où C_x est un endomorphisme de l'espace tangent en x. L'équation (3) signifie que la dérivée covariante du champ C par rapport à la G-connexion est nulle, c'est-à-dire que le champ C est invariant par le transport parallèle. Suivant M. Nijenhuis ([2]), l'algèbre de Lie du groupe d'holonomie de la G-connexion au point x, $\tilde{H}_x$, est engendrée par le transport parallèle des endomorphismes de K_x sur les lacets homotopes à zéro d'origine x. On en déduit :

Lemme 2. — $C_x \in$ *centralisateur de* $\tilde{H}_x$ *dans l'algèbre des endomorphismes de l'espace tangent au point* x.

Du lemme 2 on déduit les théorèmes 1, 2 et 3 sans aucune hypothèse sur la régularité des points de V et en évitant l'erreur signalée plus haut.

Théorème 4. — *Soit* V *compacte et connexe et n'admettant pas de structure presque-complexe. Si* V *est munie d'une* G-*structure et d'une* G-*connexion où* G *est un groupe de matrices unimodulaires réductif dans* L_n *et si le groupe d'holonomie de la* G-*connexion est irréductible, alors tout automorphisme infinitésimal de la* G-*connexion est de plus un automorphisme de la* G-*structure.*

Remarquons que si V n'admet pas de structure presque-complexe, le groupe d'holonomie appartient à la première classe de Cartan, c'est-à-dire qu'il est de plus irréductible sur les nombres complexes.

7. Maintenant, admettons que $G \subset SO(n)$ et que la G-structure est sans torsion. Celle-ci définit une métrique riemannienne sur V c'est-à-dire, une forme quadratique q_x sur l'espace tangent au point x. Admettons que le champ η est une isométrie infinitésimale; donc l'endomorphisme C_x satisfait la condition : $q_x(t, C_x(t)) = 0$ pour chaque vecteur t tangent en x. $x \to q_x(s, C_x(t))$ est une forme différentielle sur V qui est invariante par le transport parallèle et qui par suite est harmonique. On en déduit

Théorème 5. — *Si* V *est compacte et munie d'une* G-*structure sans torsion telle que* $G \subset SO(n)$ *et si de plus le deuxième nombre de Betti de* V *est zéro, alors tout groupe connexe d'isométries de la structure riemannienne est contenu dans le groupe d'automorphismes de la* G-*structure.*

Corollaire 6. — *Le groupe d'holonomie d'une métrique riemannienne homogène sur une sphère de dimension paire* $2n$ *est le groupe* $SO(2n)$.

([2]) *Indagationes Mathematicæ*, 15, 1953, p. 237.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Extension du calcul des jets aux jets non holonomes.* Note de M. **Charles Ehresmann**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note fait suite à six Notes antérieures (1). Définition des jets non holonomes et semi-holonomes. Prolongements d'un « système différentiel général ». Composition de jets non holonomes. Prolongements « parfaits « d'une variété différentiable.

Soient V_n et V_m deux variétés de classe $\geq r$. Si $r = k + l$, la variété $\mathcal{J}^k(V_n, V_m)$ des jets d'ordre k de V_n dans V_m est de classe $\geq l$ ainsi que les projections α et β [où $\alpha(X)$ désigne la source du jet X, $\beta(X)$ son but]. Soit σ un relèvement local de classe l de V_n dans $\mathcal{J}^k(V_n, V_m)$; c'est-à-dire $\alpha\sigma$ est l'application identique d'un ouvert de V_n. Le jet $j^l_x\sigma$ sera appelé *jet non holonome* de V_n dans V_m. L'ensemble de ces jets forme une sous-variété $\pi^l\mathcal{J}^k(V_n, V_m)$ de $\mathcal{J}^l(V_n, \mathcal{J}^k(V_n, V_m))$. La variété $\mathcal{J}^r(V_n, V_m)$ s'identifie canoniquement à une sous-variété de $\pi^l(\mathcal{J}^k(V_n, V_m))$, en identifiant $j^r_x f$ à $j^l_x(j^k f)$, où $j^k f$ désigne le relèvement local $x \to j^k_x f$ d'une application f de V_n dans V_m.

On peut identifier $\pi^l\mathcal{J}^k(V_n, V_m)$ à la variété des éléments de contact de dimension n et d'ordre l de $\mathcal{J}^k(V_n, V_m)$ qui se projettent régulièrement sur V_n. Alors $\mathcal{J}^r(V_n, V_m)$ s'identifie à une sous-variété d'éléments de contact d'ordre l de $\mathcal{J}^k(V_n, V_m)$, c'est-à-dire à un « système de Pfaff généralisé » dont les variétés intégrales sont les applications multiformes de classe r de V_n dans V_m. Si $k = r - 1$, ce système est défini localement par un système de Pfaff ordinaire.

Soit Φ un espace extrait de $\mathcal{J}^k(V_n, V_m)$, c'est-à-dire un ouvert séparé de l'espace des germes de sous-espaces de $\mathcal{J}^k(V_n, V_m)$; on peut le considérer comme un « système différentiel général ». Les l-jets des relèvements locaux de V_n dans Φ forment le *prolongement non holonome* $\pi^l\Phi$. C'est un espace extrait de $\pi^l\mathcal{J}^k(V_n, V_m)$; son sous-espace extrait de $\mathcal{J}^r(V_n, V_m)$ est le *prolongement holonome* Φ^l de Φ. Par récurrence on définit le prolongement non holonome général $\tilde{\Phi}^l$ en posant $\tilde{\Phi}^0 = \Phi$, $\tilde{\Phi}^i = \pi^1\tilde{\Phi}^{i-1}$. On peut identifier $\pi^l\Phi$ à un sous- espace de $\tilde{\Phi}^l$.

En partant de $\Phi = \mathcal{J}^1(V_n, V_m)$ on obtient ainsi $\tilde{\mathcal{J}}^r(V_n, V_m)$, espace des jets non holonomes généraux d'ordre r de V_n dans V_m. L'espace $\mathcal{J}^r(V_n, V_m)$ s'identifie à un sous-espace de $\tilde{\mathcal{J}}^r(V_n, V_m)$. On définit encore la projection canonique j^k de $\tilde{\mathcal{J}}^r(V_n, V_m)$ sur $\tilde{\mathcal{J}}^k(V_n, V_m)$, admettant pour restriction la projection

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 598, 777, 1081; 234, 1952, p. 587, 1028, 1424; *Voir* également : Les prolongements d'une variété différentiable (Atti del IV Congresso U. M. I. Taormina 1951). Introduction à la théorie des structures infinitésimales et des pseudogroupes de Lie (Colloque International de géométrie différentielle de Strasbourg, C. N. R. S. 1953).

canonique de $\mathcal{J}^r(V_n, V_m)$ sur $\mathcal{J}^k(V_n, V_m)$. De même on définit les projections α et β (source et but) de $\tilde{\mathcal{J}}^r(V_n, V_m)$ sur V_n et V_m.

Si Φ est un espace extrait de $\tilde{\mathcal{J}}^k(V_n, V_m)$, soit $\bar{\pi}^1\Phi$ le sous-espace de $\pi^1\Phi$ formé par l'ensemble des éléments $j^1_x\sigma$, où σ est un relèvement local de V_n dans Φ vérifiant la condition supplémentaire $j^1_x(j^{k-1}\circ\sigma)=\sigma(x)$. Par récurrence on définit encore le prolongement $\bar{\Phi}^h$, en posant $\bar{\Phi}^0=\Phi$, $\bar{\Phi}^i=\bar{\pi}^1\bar{\Phi}^{i-1}$. En partant de $\Phi=\mathcal{J}^1(V_n, V_m)$ on obtient ainsi l'espace $\bar{\mathcal{J}}^r(V_n, V_m)$ dont les éléments seront appelés *jets semi-holonomes* d'ordre r de V_n dans V_m. $\bar{\mathcal{J}}^r(V_n, V_m)$ est un sous-espace de $\tilde{\mathcal{J}}^r(V_n, V_m)$; il contient $\mathcal{J}^r(V_n, V_m)$ et il est appliqué par j^k sur $\bar{\mathcal{J}}^k(V_n V_m)$. Un élément de $\mathcal{J}^r(V_n, V_m)$ sera aussi appelé jet holonome. Si Φ est un espace extrait de $\bar{\mathcal{J}}^k(V_n, V_m)$, on obtient le prolongement semi-holonome $\bar{\Phi}^l$ qui sera extrait de $\bar{\mathcal{J}}^r(V_n, V_m)$.

La loi de composition entre jets holonomes s'étend aux jets non holonomes. Soit V_p une troisième variété de classe $\geqq r$. Soit σ un relèvement local de classe l de V_n dans $\mathcal{J}^k(V_n, V_m)$; soit σ' un relèvement local de classe l de V_m dans $\mathcal{J}^k(V_m, V_p)$. Posons $X=j^l_x\sigma$ et $X'=j^l_{x'}\sigma'$ en supposant $x'=\beta(\sigma(x))$. L'application $u\to\sigma'(u')\,\sigma(u)$, où $u'=\beta(\sigma(u))$, est un relèvement local σ'' de classe l de V_n dans $\mathcal{J}^k(V_n, V_p)$. Le jet $j^l_x\sigma''$ ne dépend que de X et de X' et nous pouvons poser $X'X=j^l_x\sigma''$. Cette loi de composition permet de définir par récurrence une loi de composition $(X'X)\to X'X$, où $X\in\tilde{\mathcal{J}}^r(V_n, V_m)$, $X'\in\tilde{\mathcal{J}}^r(V_m, V_p)$, $\beta(X)=\alpha(X')$, $X'X\in\tilde{\mathcal{J}}^r(V_n, V_p)$. Le composé de deux jets semi-holonomes est semi-holonome. Par restriction aux jets holonomes, on retrouve la loi de composition entre jets holonomes.

Un jet semi-holonome $X\in\bar{\mathcal{J}}^r(V_n, W_n)$ est inversible si le jet du premier ordre $j^1(X)$ est inversible. L'ensemble des éléments inversibles de $\bar{\mathcal{J}}^r(V_n, V_n)$ forme un groupoïde $\bar{\Pi}^r(V_n)$, prolongement semi-holonome du groupoïde $\Pi^1(V_n)$. Les éléments inversibles de source et de but $x\in V_n$ forment un groupe $\bar{L}^r_x(V_n)$, isomorphe au groupe $\bar{L}^r_n=\bar{L}^r_0(R^n)$, qui contient L^r_n comme sous-groupe.

Le prolongement semi-holonome d'un sous-groupoïde Φ de $\Pi^1(V_n)$ est un sous-groupoïde $\bar{\Phi}^{r-1}$ de $\bar{\Pi}^r(V_n)$. En particulier soit Φ le groupoïde associé à une structure infinitésimale régulière de groupe $G\subset L_n$ sur V_n (appelée aussi G-structure). Par prolongement semi-holonome il lui correspond un sous-groupoïde $\bar{\Phi}^{r-1}$ de $\bar{\pi}^r(V_n)$ et un sous-groupe de $\bar{L}^r_x(V_n)$. A la G-structure intégrable triviale sur R^n correspond ainsi un sous-groupe G_{r-1} de $\bar{L}^r_n$; c'est une extension du groupe G.

Un élément de $\bar{\mathcal{J}}^r(R^p, V_n)$ de source O et de but x sera appelé vitesse semi-holonome d'ordre r et d'origine x. Soit $\bar{T}^r_p(V_n)$ l'ensemble de ces vitesses semi-holonomes. On définit de même l'espace $\bar{T}^{r*}_p(V_n)$ des covitesses semi-holo-

nomes. Un élément inversible de $\overline{T}_n^r(V_n)$ ou de $\overline{T}_n^{r*}(V_n)$ sera appelé repère ou corepère semi-holonome. L'espace $\overline{H}^r(V_n)$ des repères semi-holonomes de V_n est un prolongement d'ordre r de V_n, c'est-à-dire un espace fibré associé à $H^r(V_n)$, espace des repères d'ordre r. De plus $\overline{H}^r(V_n)$ est un espace fibré principal de fibre $\overline{L}_n^r$. L'espace $\overline{T}_p^r(V_n)$, ainsi que $\overline{T}_p^{r*}(V_n)$, est aussi un prolongement d'ordre r de V_n; mais de plus c'est un espace fibré associé à l'espace fibré principal $\overline{H}^r(V_n)$. Appelons *prolongement parfait* tout espace fibré associé à $\overline{H}^r(V_n)$. Pour qu'un prolongement ordinaire soit parfait, il faut et il suffit que la loi de composition $(s, y) \to sy$, où $s \in L_n^r$ et $y \in F$ (fibre du prolongement), s'étende à $\overline{L}_n^r$. Si $E_0, E_1, \ldots, E_r$ est une suite d'espaces telle que $E_0 = V_n$ et E_i = prolongement du premier ordre de E_{i-1}, l'espace E_r est un prolongement parfait d'ordre r de V_n.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Développement de la théorie stochastique des lignes téléphoniques pour un état initial quelconque.* Note de M. **Félix Pollaczek**, présentée par M. Émile Borel.

Ci-après nous indiquons les modifications subies par les formules de la théorie stochastique des lignes téléphoniques, avec ou sans dispositif d'attente (d. a.), lorsqu'au lieu de l'état de non-occupation, on part d'un état initial quelconque. Nous admettons que, sur un groupe de $s \geq 1$ lignes interchangeables, des appels, respectivement de durées de communication $\ldots, T_{-1}, T_0, T_1, \ldots,$ soient lancés aux instants $\ldots X_{-1} \leq X_0 \leq X_1 \leq \ldots$ et considérons les T_i ainsi que les intervalles $Y_i = X_{i+1} - X_i$ comme des variables aléatoires indépendantes respectivement de fonctions de répartition $f_1(t)$ et $f_2(y)$. Supposons que les appels sont traités dans l'ordre de leur lancement et désignons par $X_0 + t_1, \ldots, X_0 + t_s$ (en numérotant les t_i de manière arbitraire) les s dernières fins de communications provenant d'appels antérieurs à X_0. Dans chaque cas particulier, toutes les grandeurs relatives aux appels postérieurs à X_{-1} s'exprimeront alors par les seuls s nombres $t_1^+ = \max(t_1, 0), \ldots, t_s^+$ et les variables aléatoires T_0, Y_0; $T_1, Y_1; \ldots,$ si bien que toutes les probabilités et espérances mathématiques (e. m.) concernant ces appels seront des fonctions (symétriques) des t_i^+, considérés comme donnés.

Pour $t_1^+ = \ldots = t_s^+ = 0$, nous avons ramené le calcul des fonctions génératrices (f. g.) des probabilités et e. m. concernant un groupe de s lignes *avec* d. a. (comme, par exemple, le calcul de la f. g. $\sum_{n=0}^{\infty} z^n \mathfrak{M} e^{-q\tau_n}$, où z et q sont des paramètres tels que $|z| < 1$, $R(q) \geq 0$, τ_n désignant le délai d'attente du $n^{\text{ième}}$ appel et $\mathfrak{M}$, l'e. m.) à la résolution d'un système de s équations intégrales simultanées (1), (2).

(1) *Ann. Inst. H. Poincaré*, 11, 1949, p. 135-173 [équat. (41 *a*, *b*) et (83 *a*, *b*)].
(2) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 578 [équat. (1 *a*, *b*)].

Aux premiers membres de ces équations figurent, outre z, $s+1$ fonctions analytiques $F_\lambda(z_1, \ldots, z_\lambda; y)$ ($\lambda = 0, \ldots, s$), F_s étant une forme linéaire de $F_0, \ldots, F_{s-1}$; leurs seconds membres sont des fonctions données $c_\lambda(z_1, \ldots, z_\lambda; y)$, symétriques (de même que les F_λ) en $z_1, \ldots, z_\lambda$, et différentes suivant la f. g. cherchée qui, dans chaque cas, est donnée par $F_0(0)$.

En appliquant la méthode exposée dans ([1]) et les opérateurs définis dans ([3]) au cas général $(t_1^+, \ldots, t_s^+) \neq (0, \ldots, 0)$, nous obtenons pour les f. g. en question, au lieu de $F_0(0)$, l'expression

$$(1)\quad H_s(t_1, \ldots, t_s; F_\lambda \varepsilon_2^{-1}) = \sum_{\lambda=0}^{s} \sum_{1', \ldots, \lambda'=1}^{s} C'_1 \ldots C'_\lambda \, e^{-\sum_1^\lambda \zeta_\nu t_{\nu'}} F_\lambda\left(\zeta_1, \ldots, \zeta_\lambda; \sum_1^\lambda \zeta_\nu\right) \varepsilon_2^{-1}\left(\sum_1^\lambda \zeta_\nu\right)$$

qui, pour $t_1 \leqq t_2, \ldots, t_s$, peut être transformée en

$$(2)\quad \sum_{\lambda=0}^{s-1} \sum_{1', \ldots, \lambda'=2}^{s} C C'_1 \ldots C'_\lambda \, e^{-\zeta t_1 - \sum_1^\lambda \zeta_\nu t_{\nu'}} F_\lambda\left(\zeta_1, \ldots, \zeta_\lambda; \zeta + \sum_1^\lambda \zeta_\nu\right) \varepsilon_2^{-1}\left(\zeta + \sum_1^\lambda \zeta_\nu\right).$$

Nous avons posé ici

$$C'_\nu = \frac{1}{2\pi i} \int_{i\infty - 0}^{-i\infty - 0} \cdots \frac{d\zeta_\nu}{\zeta_\nu} \qquad (\nu = 1, \ldots, s,$$

$$C = \frac{1}{2\pi i} \int_{-i\infty + 0}^{i\infty + 0} \cdots \frac{d\zeta}{\zeta}, \qquad \varepsilon_i(\zeta) = \int_0^\infty e^{\zeta t} \, df_i(t) \quad (i = 1, 2),$$

les indices $1', \ldots, \lambda'$ parcourant toutes les combinaisons λ à λ des nombres 1 (ou 2), ..., s. (1) et (2) permettent d'étudier les probabilités et e. m. en question en fonction des t_i. Dans les hypothèses admises pour les ε_i dans ([2]), il vient :

$$F_\lambda(z_1, \ldots, z_\lambda; y)\, \varepsilon_2^{-1}(y) = O(|y|^{-1}) \qquad [\text{pour } R(y),\ R(z_1), \ldots, R(z_\lambda) \leqq 0],$$

de sorte que toute intégrale de (1) où figure un $t_i \leqq 0$, s'annule.

Dans ([4]) et ([5]), le calcul des fonctions génératrices des probabilités relatives à un groupe de s lignes *sans* dispositif d'attente a été ramené, pour $t_1^+ = \ldots = t_s^+ = 0$, à la résolution d'un autre système de s équations intégrales simultanées (dont les deuxièmes membres c_λ ne dépendent pas de y) satisfaites par $s+1$ fonctions $F_\lambda(z_\nu; y)$, la f. g. cherchée étant toujours donnée par $F_0(0)$. Comme précédemment, nous obtenons dans le cas général, au lieu de $F_0(0)$, l'expression (1) (dont le dernier terme sera supprimé si au moins *un* t_i s'annule) ou (2) [dont le premier terme sera remplacé, pour $t_1 = 0$, par $F_0(0)$]. Cependant, dans le cas présent (1) et (2) se simplifient en vertu de la relation [*voir* par exemple ([4]),

([3]) *Ann. Inst. H. Poincaré*, **11**, 1949, p. 113-133.

([4]) *Ann. Inst. H. Poincaré*, **12**, 1951, p. 57-96 [équat. (26 *a*, *b*), (28), (29)].

([5]) *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 1469.

équat. (27) et (86)]

$$F_\lambda(z_1 \ldots, z_\lambda; y)\,\varepsilon_2^{-1}(y) = G_\lambda(z_1, \ldots, z_\lambda)\,(1 - z\varepsilon_2(y))^{-1}.$$

Notons enfin l'identité

$$(3) \qquad z\int_0^\infty df_1(t)\int_0^\infty df_2(y)\,H_s^S(t_1, \ldots, t_s;\, F_\lambda\varepsilon_2^{-1}) = H_s(t'_1, \ldots, t'_s;\, F_\lambda\varepsilon_2^{-1} - c_\lambda),$$

établie en remontant aux valeurs initiales t'_i relatives à X_{-1}, où S désigne l'une ou l'autre des substitutions

$$(4) \qquad t_1 = t_1'^{+} + t - y;\; t_i = t'_i - y \qquad (i = 2, \ldots, s;\; t'_1 \leqq t'_2, \ldots, t'_s),$$

$$(5) \qquad t_i = \max_{k=1,\ldots,s}{}^{(s+1-i)}(\alpha t - y;\, t'_k - y) \qquad \left[i = 1, \ldots, s;\; \alpha = \frac{(-t'_1)^+}{-t'_1};\; t'_1(\neq 0) \leqq t'_2, \ldots, t'_s\right],$$

selon qu'il s'agit d'un groupe de lignes avec ou sans d. a. Dans (3), c_s s'exprime par les autres c_λ suivant ([1]), équat. (33).

MÉCANIQUE THÉORIQUE. — *Sur les vibrations d'une plaque (ou d'une couche) plane infinie et sur les mesures pour déterminer son épaisseur.* Note (*) de M. **Matthias Matschinski**, transmise par M. René Thiry.

Différentes méthodes pour déterminer l'épaisseur d'une couche vibrante : 1, d'après la mécanique classique ; 2, emploi de moyennes introduites d'après les résultats d'une Note antérieure (*Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1457); 3, analogie électromécanique; 4, remarques sur les mesures nécessaires. Les méthodes établies peuvent être à l'origine de cinq procédés d'interprétation et de mesures.

1. Considérons une plaque élastique ou élasticovisqueuse C pratiquement infinie et d'épaisseur constante l. Les surfaces limites, supposées planes, correspondent à $x = 0$ et $x = l$; elles sont parallèles aux axes y et z. Supposons que les tensions X_{ij} soient connues sur $x = 0$ [par exemple $X_{12} = \Sigma|X_{12}|^{(\omega)} \cos(\omega t + \theta)$]; et que sur $x = l$ on ait $X_{12} = X_{13} = 0$. Considérons les vibrations des points de la plaque dans les environs de la ligne OO_1 ($y = z = 0$). Les sources d'énergie qui provoquent les vibrations se trouvant soit dans C, mais loin de OO_1, soit en dehors de C, les vibrations et les tensions sont sensiblement homogènes dans cette zone. Il en découle que les équations classiques $\operatorname{div} \operatorname{tens} X_{ij} = 0$ se simplifient en $\partial X_{11}/\partial x = \rho\, \partial v_x/\partial t = -\rho\dot{v}_x$, $\partial X_{12}/\partial x = -\rho\dot{v}_y$, $\partial X_{13}/\partial x = -\rho\dot{v}_z$ (ρ, densité; t, temps; v_x, v_y, v_z, vitesses; u_x, u_y, u_z, déplacements). Supposons enfin que les tensions aient des parties réversibles (élastiques) et irréversibles (dues au frottement) : $X_{12} = \mu_e(\partial u_x/\partial y + \partial u_y/\partial x) + \mu_v(\partial v_x/\partial y + \partial v_y/\partial x)$, etc. Homogénéité supposée, ces relations se réduisent à $X_{12} = \mu_e(\partial u_y/\partial x) + \mu_v(\partial v/\partial x)$. On en déduit que X_{12} doit satisfaire à l'équation :

$$\mu_e \frac{\partial^2 X_{12}}{\partial x^2} + \mu_v \frac{\partial^3 X_{12}}{\partial x^2\,\partial t} = -\rho\frac{\partial^2 X}{\partial t^2}$$

(*) Séance du 29 novembre 1954.

avec les conditions aux limites $X_{12}|_{x=l}=0, X_{12}|_{x=0}=|X_{12}|^{(\omega)}\cos(\omega t+\theta)$. On introduit les abréviations $a^2=\mu_e/\rho$, $b^2=\mu_v/\rho$ et on trouve facilement :

$$X_{12}=|X_{12}|^{(\omega)}\,\text{Mod.}\left(\frac{\text{sh}\,\frac{l-x}{la}\sqrt{\frac{\omega^2}{1\pm i\omega b^2}}}{\text{sh}\,\frac{1}{a}\sqrt{\frac{\omega^2}{1\pm i\omega\,\theta^2}}}\right)\cos(\omega t+\theta_1),$$

$|X_{12}|^{(\omega)}$ représentant l'amplitude dans $x=0$. On en déduit la valeur de $|v_y|^{(\omega)}$ sur $x=0$. Pour les basses fréquences $\left[q=\omega/(a\sqrt{1\pm i\omega b^2}),\ q\,\text{ctgh}\,q\cong 1\right]$ il s'ensuit définitivement (A_1) : $\dot{X}|_{12}|^{(\omega)}=\rho\omega^2 l|v_y|^{(\omega)}$, ce qui permet de calculer l'épaisseur l de la couche en partant de mesures des amplitudes de v_y et de $\dot{X}_{12}$. La même formule est vraie pour $\dot{X}_{13}$ et v_z. Plus généralement $(q\,\text{ctgh}\,q\cong 1-q^2/3)$ on a une formule de la forme (B_1): $|\dot{X}_{12}|^{(\omega)}=\mathcal{L}_1(l, \omega, \mu_e, \mu_e)|v_g|^{(\omega)}+\mathcal{L}_2(l, \omega, \mu_e, \mu_v)|\dot{v}_y|^{(\omega)}$ permettant de déterminer l'épaisseur et l'absorption μ_v en partant de mesures sur v_y, $\dot{v}$ et $\dot{X}_{12}$(*voir* aussi § 4).

2. Cette méthode théoriquement simple, se heurte en pratique à la difficulté de déterminer expérimentalement les v_y et $\dot{X}_{12}$ correspondant à la même valeur de ω. C'est possible, mais pas toujours facile. C'est pourquoi il convient de passer des valeurs particulières aux valeurs moyennes. Les moyennes « elliptiques » introduites par nous (*voir* la Note citée) sont les mieux adaptées. On répète le raisonnement du paragraphe 1 avec la seule différence qu'on ne part pas des équations usuelles de l'élasticité, mais des équations pour les moyennes « elliptiques » [équations (K) dans la Note citée]. Avec les mêmes simplifications on a $\partial M_{112}/\partial x=-\rho\,\partial M_{12}/\partial t$, $\partial M_{122}/\partial x=-\rho\dot{M}_{22}$, etc. Ici M_{ijk} est le tenseur des moyennes de tensions, M_{ij} le tenseur des moyennes de vitesses; on ne mesure pas évidemment M_{ijk} et M_{ij} directement, mais on les calcule à partir des valeurs mesurées de X_{ij} et v_i. On obtient ainsi, comme au paragraphe 1, pour le cas des basses fréquences (A_2) $|\dot{M}_{112}|^{(\omega)}=-\rho\omega^2 l|M_{12}|^{(\omega)}$, $|\dot{M}_{122}|^{(\omega)}=-\rho\omega^2 l|M_{22}|^{(\omega)}$, etc., en conformité totale avec les résultats précédents. Ici, comme là, cette formule nous peut servir à calculer l'épaisseur l en partant des mesures des amplitudes de X_{12} et v_y. On fait dans ce cas aussi plusieurs mesures et il est beaucoup plus facile d'établir la correspondance nécessaire pour $\dot{M}_{112}$ et M_{12}. En principe, si l'on fait suffisamment de mesures celle-ci aura toujours lieu. Nous reviendrons sur ce cas dans le paragraphe 4. Il existe aussi une formule équivalente à (B_1). En mesurant $\dot{X}_{12}$, v_y et $\dot{v}_y$ à de courts intervalles de temps (pour ne pas faire disparaître les ω plus grandes) on peut se servir de (B_2) : $|\dot{M}_{112}|^{(\omega)}=L_3|M_{12}|^{(\omega)}+L_4|\dot{M}_{12}|^{(\omega)}$, ici L_3 et L_4 sont des fonctions élémentaires des constantes.

3. Il est intéressant de mentionner les résultats analogues dans la théorie des champs électromagnétiques. Pour le cas sans considération des moyennes [analogie à (A_1) et (B_1)] les résultats sont déjà connus : la formule (A_3) : $|\dot{H}_z|^{(\omega)} = (c/l)|E_y|^{(\omega)}$ a été établie expérimentalement par L. Bauer (1922) et théoriquement par A. Tikhonoff (1950) qui a aussi donné la formule (B_3) [H et E, vecteurs électrique et magnétique de champs; c, vitesse de la lumière; l, épaisseur]. Cependant pour les mêmes raisons que celles mentionnées dans le paragraphe 2, il est opportun d'introduire les moyennes. Les équations pour les moyennes elliptiques dans le champ électromagnétique sont établies par nous dans la Note citée. Avec les mêmes simplifications et transformations que celles appliquées déjà deux fois (§ 1 et 2) nous trouvons (A_4) : $|\dot{M}_{[H]12}|^{(\omega)} = (c/l)|M_{[E]22}|^{(\omega)}$ pour le cas des basses fréquences, cas toujours réalisable si l'on dispose de mesures suffisamment nombreuses et (B_4) $|\dot{M}_{[H]12}|^{(\omega)} = L_5|M_{[E]22}|^{(\omega)} + L_6|\dot{M}_{[E]22}|^{(\omega)}$ si l'on mesure non seulement $\dot{H}_z$ et E_y, mais aussi $\dot{E}_y$. L_5 et L_6 sont des fonctions bien déterminées des constantes.

4. Il existe de nombreux types d'appareils très perfectionnés permettant de mesurer les vitesses v et les accélérations $\dot{v}$ assez simplement. Il n'en est pas de même pour la mesure des X_{ij}. Cependant ce sont les tensions X_{ij} qui sont difficilement mesurables; tandis que pour mesurer les $\dot{X}_{ij}$ on peut par amplification augmenter l'exactitude considérablement. Pour appliquer la formule (A_1) on fait alors des séries suffisamment longues de mesures de v_y et de $\dot{X}_{12}$ (ou de v_z et $\dot{X}_{13}$) et avec un procédé quelconque de filtrage des fréquences on cherche $|v_y|^{(\omega)}$ et $|\dot{X}_{12}|^{(\omega)}$ mutuellement correspondantes. (Il existe déjà des brevets pour de tels appareils.) Pour introduire les mêmes séries de mesures de v_y et $\dot{X}_{12}$ dans la formule (A_2) on n'a pas besoin d'appareil de filtrage. On doit seulement calculer $\dot{M}_{112}$ et M_{12} d'après le procédé illustré dans la Note citée par les figures 1-3; elles peuvent être obtenues par un appareil graphique. Étant donnée la complexité des appareils de filtrage et l'imprécision de leurs résultats, l'application de la formule (A_2) peut se justifier dans plusieurs cas. La même chose est vraie aussi pour la formule (A_4) en comparaison avec (A_3). Pour la dernière, on mesure des séries de $\dot{H}_z$ et E_y (ou $\dot{H}_y$ et E_z) et utilise un appareil de filtrage. Pour (A_4) ce dernier n'est nécessaire, on n'applique que la méthode de calcul d'une moyenne « elliptique » d'après la Note citée. Enfin, si l'on préfère exclure la mesure de $\dot{X}_{12}$, on n'effectue que deux mesures de $\dot{v}_y$ (sur la surface et en petite profondeur).

MÉCANIQUE DES SOLIDES. — *Utilisation de réseaux pour l'étude expérimentale des phénomènes élastiques et plastiques.* Note de M. PIERRE DANTU, transmise par M. René Thiry.

La photoélasticité donne lieu à difficultés dans l'étude de l'élasticité à trois dimensions et de la plasticité. Une méthode utilisant des réseaux permet, avec un appareillage très simple, une détermination des extensions dans les problèmes à deux et trois dimensions, soit sur un modèle en matière plastique, soit en surface sur les métaux. L'application aux effets dynamiques et à l'étude du fluage est également possible.

La méthode consiste à déterminer en chaque point d'un modèle les trois éléments de l'extension par l'examen des courbes d'un « moiré » obtenu par superposition des photographies d'un réseau témoin et d'un réseau imprimé sur la surface du modèle ou dans un plan quelconque de celui-ci. Les franges du « moiré » sont déterminées par l'équation

$$u = ne,$$

u étant la composante de la déformation normale aux traits du réseau, n un nombre entier quelconque, et e l'espacement des traits du réseau.

En utilisant un réseau croisé formé de la superposition de deux réseaux orthogonaux, on obtient une double famille de courbes correspondant aux composantes u et v de la déformation suivant des axes parallèles aux traits des réseaux orthogonaux.

A partir de cette double famille de courbes, un calcul graphique très rapide donne en chaque point les trois éléments de l'extension :

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x},$$

$$\varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y},$$

$$\gamma = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right).$$

Suivant l'ampleur des déformations, et les dimensions du modèle, on peut utiliser des réseaux de 10 à 50 traits/mm.

La méthode a donné de bons résultats dans les cas suivants :

a. Déformations élastiques à deux et trois dimensions. — Pour les études à trois dimensions, on peut utiliser le procédé du figeage, mais sans avoir besoin de découper le modèle en tranches après déformation. Le modèle figé est placé dans une cuve contenant un liquide de même indice.

b. Déformations plastiques à deux et trois dimensions sur modèles en matière plastique transparente.

c. Plasticité des métaux. — Dans ce cas, le réseau est imprimé photographiquement sur la surface du métal poli.

Les avantages sur la photoélasticité sont les suivants :

1° Pour les déformations élastiques à trois dimensions, il suffit de déformations plus faibles que celles qui sont nécessaires dans la méthode photoélastique du figeage, et il est inutile de découper le modèle en tranches, opération qui peut toujours modifier l'état des contraintes. D'autre part on observe la déformation dans un plan et non la moyenne des contraintes dans l'épaisseur d'une

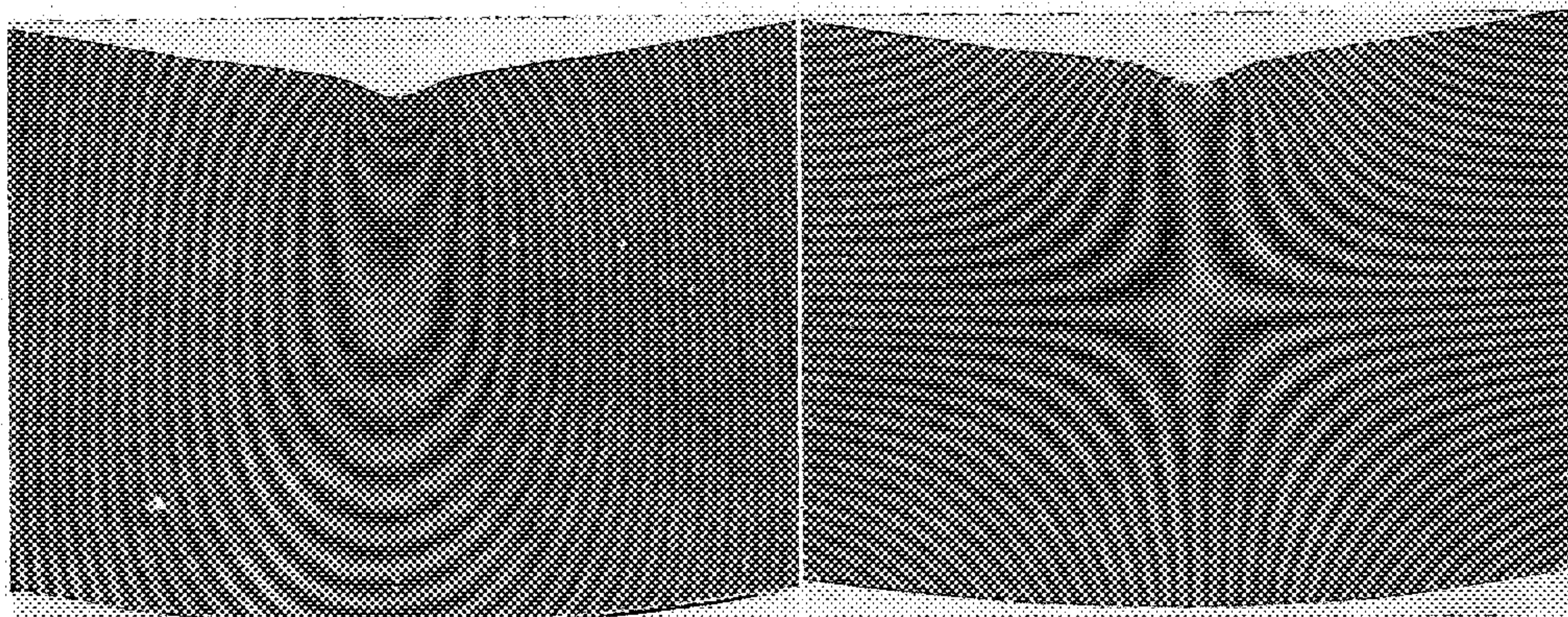


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Partie centrale d'une poutre métallique fléchie. Réseau croisé à 10 traits par millimètre sur la poutre. Réseau témoin ligné et horizontal.

Fig. 2. — Même poutre, mais avec réseau témoin vertical.

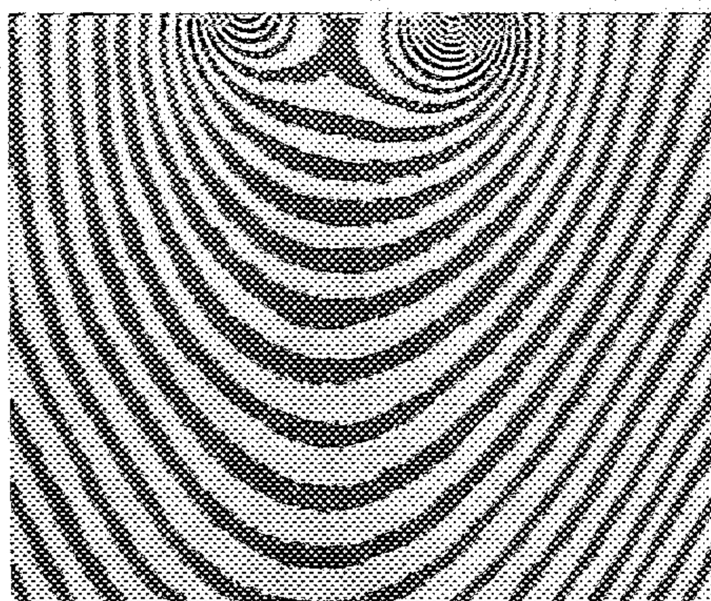


Fig. 3. — Déformation plastique à 3 dimensions. Réseau à 30 traits par millimètre dans un plan du modèle.

tranche. Enfin la photoélasticité à trois dimensions ne permet normalement d'obtenir que la différence des contraintes principales et non ces contraintes elles-mêmes, ce qui, avec les réseaux, ne présente aucune difficulté. Des essais récents ont été faits pour déterminer les contraintes principales par la photoélasticité, mais ils font appel à des procédés complexes.

2° Pour les déformations plastiques, il n'est nullement certain que les effets

observés en lumière polarisée restent proportionnels aux extensions lorsqu'on s'écarte fortement de la limite élastique. Par ailleurs l'extension aux phénomènes plastiques à trois dimensions n'a pas été, à notre connaissance, abordée par la photoélasticité.

3° L'étude des phénomènes dynamiques, possible en photoélasticité à deux dimensions, le devient également pour les trois dimensions avec la méthode des réseaux, puisqu'il est inutile de sectionner le modèle. L'étude des déformations lentes et des effets de fluage peut se faire sans difficulté.

ASTRONOMIE. — *Sur l'apparence d'une relation période-excentricité dans les orbites des étoiles doubles visuelles.* Note de M. **Paul Muller**, présentée par M. André Danjon.

Une corrélation période-excentricité déjà signalée par plusieurs auteurs se trouve entièrement expliquée par l'intervention de diverses sélections, et doit donc être considérée jusqu'à preuve du contraire comme dépourvue de toute réalité.

On connaît actuellement les orbites de 350 binaires visuelles, contre 250 seulement en 1950, et 180 en 1938. Il nous a donc paru opportun de reprendre le vieux problème de la relation période-excentricité. Tous les travaux antérieurs montrent P croissant avec e, mais les auteurs (1) ne concluent qu'avec prudence en raison des sélections qui interviennent à deux stades : dans la découverte du couple, dans la possibilité d'une détermination d'orbite.

A la découverte, la sélection s'exerce surtout à l'égard des couples les plus serrés. L'effet le plus important, bien qu'il ne joue ici que de façon indirecte, est la suppression quasi totale des étoiles à composantes un tant soit peu différentes. Mais une autre circonstance vient, elle, avantager les objets dont les orbites sont les plus excentriques; à demi-grand axe égal, en effet, ils ont les meilleures chances d'apparaître parfois à distance observable. Cette influence en faveur des e supérieures à la normale ne doit pas, cependant, s'étendre aux orbites car il s'agit là précisément de l'un des cas où elles se déterminent le plus difficilement.

Au stade du calcul des orbites, la sélection intervient à la fois, mais par des voies très différentes, pour les couples serrés et pour les plus écartés; on n'oubliera pas que l'échelle des distances suit, statistiquement, celle des périodes.

Les binaires lentes ont été observées de façon continue, mais souvent sur une partie seulement, voire sur un petit arc de leur orbite. Celle-ci se

(1) Les plus récents sont D. Barbier, Mme R. Bonnet et S. Arend; celui-ci (*Communications de l'Observatoire Royal de Belgique*, n° 20, 1950) donne les références aux travaux antérieurs.

dessinera donc d'autant mieux que cet arc sera plus long et aussi qu'il présentera, s'il est court, une courbure plus accusée; ceci doit donner un excès d'excentricités supérieures à la normale dans le cas des périodes les plus longues. Les couples serrés et rapides, au contraire, ont décrit en moyenne une révolution complète avant que l'orbite devienne calculable, parce que les observations ne la couvrent pas sans lacunes, laissant souvent des ambiguïtés de quadrant. La sélection doit donc avantager simplement les orbites observées avec le moins de discontinuités, donc les moins excentriques; mais cet effet doit tendre à disparaître assez vite avec l'accroissement du matériel, les orbites même très excentriques ne résistant pas à deux ou trois révolutions successives. Quoiqu'il en soit, les deux sélections ainsi décrites doivent bien faire apparaître dans l'ensemble de toutes les orbites une relation (P, e) dans le sens constaté.

Tout ce qui précède nous montre la voie à suivre pour vérifier de la façon la plus probante l'influence des sélections dans cette relation apparente. Nous avons isolé de l'ensemble deux groupes de binaires, qui sont à la fois les plus homogènes et les plus caractéristiques des deux types extrêmes qui nous intéressent ici : les étoiles de W. Struve (Σ), découvertes autour de 1830, dont la période moyenne (²) est de 240 ans et qui ont été observées par conséquent sur une demi-période en gros; les étoiles d'Aitken (A) et de Hussey (Hu), trouvées lors d'une recherche commune à la grande lunette de Lick dans le premier quart du siècle actuel, et qui avec une période moyenne de 46 ans ont effectué pratiquement une révolution entière. Ensemble, les Σ, A et Hu représentent actuellement la moitié des binaires à orbite connue.

Voici les valeurs des excentricités moyennes $\bar{e}$ pour chacun des deux groupes dans les trois compilations les plus récentes :

		Σ ($\bar{P}$ = 240).		A, Hu ($\bar{P}$ = 46).	
		$\bar{e}$.	n.	$\bar{e}$.	n.
1938.	2ᵉ Catalogue de Finsen.........	0,60	57	0,37	25
1950.	Catalogue de Baize.............	0,59	68	0,39	43
1954.	Catalogue personnel............	0,59	80	0,46	96

Les nombres de ce tableau vérifient entièrement les prévisions, depuis le fait essentiel qui est la liaison apparente entre les $\bar{P}$ et les $\bar{e}$, jusqu'à l'évolution dans le temps des excentricités moyennes. Nous avions indiqué pourquoi les premières orbites à courte période qui aient pu être déterminées avaient dû être les moins excentriques, en ajoutant que l'effet sur

(²) Il s'agit ici de moyennes logarithmiques, puisqu'on ne connaît à la période qu'une borne inférieure; il est parfaitement légitime, au contraire, de former des moyennes simples dans le cas des excentricités.

la moyenne des e dans ce groupe devait aller en s'atténuant assez rapidement; c'est bien ce que l'on constate. Dans le groupe des Σ, par contre, l'évolution de $\bar{e}$ avec le temps est à peine marquée, d'abord parce que leur nombre augmente moins vite que celui des (A, Hu), ensuite parce que même les orbites nouvelles continuent, pour les Σ, à être déterminées d'après de petits arcs; la prédominance des excentricités supérieures à la normale doit donc persister de façon durable. Notons en passant que tout porte à faire admettre que la valeur normale d'une moyenne générale des e est 0,50.

La conclusion qui s'impose est donc la suivante : *le jeu des sélections prévisibles permet de rendre compte aussi complètement qu'il est possible de la corrélation apparente période-excentricité.*

Lorsque le matériel sera sensiblement plus riche, on pourra procéder à des études étendues à toutes les catégories d'objets, et non plus seulement aux extrêmes que constituent les Σ d'une part, les (A, Hu) d'autre part : 1° établir le diagramme (P, e) pour tous les couples *qui ont accompli au moins une révolution complète*, groupe d'où la corrélation devrait pratiquement disparaître; 2° dans un diagramme d'ensemble, prendre pour variables *e et la fraction de période observée*, afin de retrouver au contraire la corrélation la plus nette. Quelques essais nous ont montré que les résultats ne sont pas, actuellement, assez nets. A l'intérieur du groupe (A, Hu) cependant, la répartition des e est pratiquement indépendante de P.

Notons enfin que le tableau ci-dessus explique également pourquoi les auteurs trouvaient une corrélation de plus en plus lâche à mesure que le matériel devenait plus riche, puisque les $\bar{e}$ dans les deux groupes se rapprochent.

THERMOCINÉTIQUE. — *Le partage de la chaleur entre corps frottants lorsque leur mouvement relatif n'est pas périodique.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous avons développé jadis ([1]) une théorie assez détaillée du partage de la chaleur entre corps frottants, que les épaisseurs soient limitées ou non, lorsque ces corps restent entièrement superposés, le frottement dissipant à l'intersurface une puissance constante, une intégration de type classique permettant de passer au cas d'une puissance variable. Le problème change quand l'un des corps glisse sur l'autre en une translation continue. Une Note antérieure ([2]) étudiait, dans cet ordre d'idées, le cas d'un patin sans capacité calorique et de

([1]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 505 et 1286; 207, 1938, p. 124; Note ajoutée à la *Publ. Scient Techn. Min. Air.* n° 139.

([2]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1751.

température uniforme glissant sur un sol un peu conducteur, véritable problème de convection solide traité par l'équation de la convection en régime permanent, à deux coordonnées.

On peut aller plus loin et tenir compte de la capacité calorique et de la conductibilité des deux milieux. Nous supposerons les durées assez courtes pour que puissent être utilisées les formules plus simples des milieux illimités et, selon un usage légitime, nous négligerons les conductions longitudinales, le phénomène essentiel étant transversal dans le cas des contacts brefs.

Soit donc un glisseur de longueur l dans le sens du déplacement x, caractérisé par la conductivité λ_1 et la chaleur spécifique voluminique $c_1\rho_1$, frottant avec une vitesse v sur une plaque épaisse de propriétés λ_2, c_2, ρ_2. Le frottement dégrade à l'intersurface une puissance $\varphi(t)$ par unité d'aire. Les températures sont initialement nulles dans toute la masse.

Soit $\theta(t)$ la température de l'intersurface; ce sera l'inconnue du problème. Raisonnons d'abord comme si θ était constant. D'après une formule classique, la densité de flux φ_1 pénétrant dans le glisseur est $\theta\sqrt{\lambda_1 c_1 \rho_1 : \pi t}$ à l'instant t. On montre facilement que, dès que le glisseur a parcouru la distance l, la densité de flux pénétrant dans la plaque (on suppose le régime permanent) est

$$(1) \qquad \varphi_2 = 2\theta\sqrt{\lambda_2 c_2 \rho_2 v : \pi l},$$

expression qui subsiste si θ est variable. Dans ce cas, par contre, φ_1 prend, d'après une théorie générale, l'expression

$$\varphi_1 = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\lambda_1 c_1 \rho_1}\int_0^t \frac{\theta'(u)}{\sqrt{t-u}}\,du.$$

L'équation du problème s'obtient en exprimant la conservation de l'énergie :

$$(2) \qquad \frac{1}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\lambda_1 c_1 \rho_1}\int_0^t \frac{\theta'(u)}{\sqrt{t-u}}\,du + \frac{2}{\sqrt{\pi}}\sqrt{\lambda_2 c_2 \rho_2}\sqrt{\frac{v}{l}}\,\theta(t) = \varphi(t),$$

équation intégrodifférentielle que l'on ramène d'abord à une équation intégrale de Volterra de deuxième espèce en multipliant par $(\alpha - t)^{-\frac{1}{2}}dt$, intégrant de zéro à α, appliquant la formule de Lejeune-Dirichlet, et revenant à la notation en fonction de t au lieu de α. On applique alors de nouveau la même procédure et on élimine le terme gênant subsistant, entre l'équation intégrale et sa transformée. θ est alors donné par l'équation différentielle

$$(3) \qquad \pi l \lambda_1 c_1 \rho_1 \theta' - 4\lambda_2 c_2 \rho_2 v\theta = l\sqrt{\pi\lambda_1 c_1 \rho_1}\,\frac{d}{dt}\int_0^t \frac{\varphi(u)}{\sqrt{t-u}}\,du - 2\sqrt{\pi\lambda_2 c_2 \rho_2 v l}\,\varphi(t)$$

d'intégration facile. Dans le cas important où φ est constant, on a la solution

$$(4) \qquad \theta = \frac{\varphi}{2}\sqrt{\frac{\pi l}{\lambda_2 c_2 \rho_2 v}}\left\{1 - e^{\frac{4vt}{\pi l}}\left[1 - \mathrm{Erf}\left(2\sqrt{\frac{vt}{\pi l}}\right)\right]\right\}.$$

Pour t très petit, θ augmente proportionnellement à $\sqrt{t}$. Pour t relativement grand (vt a pour limite effective la longueur L de la plaque de glissement), la quantité entre accolades a pour expression approchée

$$1 - \frac{1}{2}\frac{\sqrt{l}}{vt},$$

ce qui indique, φ_2 étant donné par (¹) et φ_1 par différence d'avec φ, que le rapport φ_1/φ_2, de partage du flux de chaleur entre glisseur et piste, d'abord infini, et proportionnel au rapport $\sqrt{\lambda_1 c_1 \rho_1/\lambda_2 c_2 \rho_2}$ de ce que nous avons appelé coefficients d'arrachement thermique, décroît avec le facteur $\sqrt{l/vt}/2$, décroissance à laquelle il fallait s'attendre, la chaleur, avec le temps, pénétrant relativement de plus en plus dans la plaque rencontrée froide.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la dispersion de la combustion normale dans les moteurs à allumage commandé.* Note (*) de MM. **Rostislav Vichnievsky** et **Bernard Salé**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les diagrammes pression-angle de rotation relevés sur les moteurs à carburation préalable et allumage par étincelle présentent généralement des fluctuations importantes dans la portion du cycle où s'accomplit la combustion. L'étude et la prise en considération de ce phénomène de dispersion sont indispensables dans toute recherche sur la combustion dans ce type de moteur, car il risque de masquer entièrement l'influence des facteurs étudiés. De récents travaux (¹), (²) en tenaient compte grâce à la mise en œuvre d'une méthode statistique; ces expériences qui avaient pour objet la comparaison de différents carburants sur moteur expérimental C. F. R. en combustion normale étaient exécutées avec le réglage standard A. S. T. M. assez éloigné des conditions de fonctionnement normales et se limitaient d'ailleurs à la partie croissante du diagramme de combustion. En vue d'une étude plus générale de la combustion dans les moteurs à carburation préalable nous avons par un procédé analogue repris l'étude systématique de la dispersion de la combustion sur un monocylindre (Institut français du pétrole Renault) au taux de compression 6,5 à pleine admission dans des conditions plus proches de la pratique industrielle.

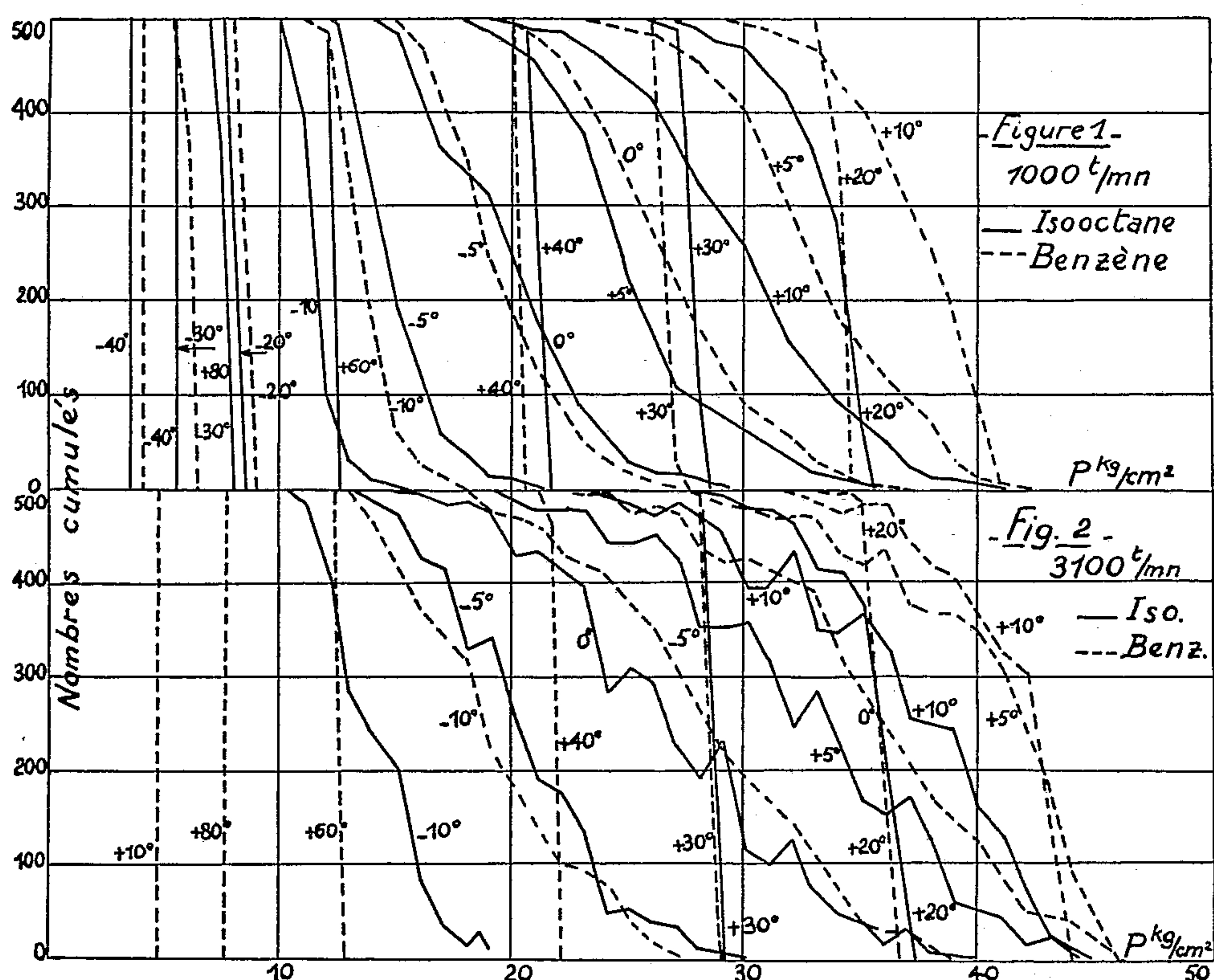
Nous avons utilisé un appareillage permettant de tracer point par point les courbes des nombres de cycles cumulés en fonction de la pression pour différents angles de rotation.

(*) Séance du 29 novembre 1954.

(¹) R. Vichnievsky et J. Weissmann, *Communication au 8ᵉ Congrès International de Mécanique théorique et appliquée*, Istanbul, 1952.

(²) Massoumian, *Thèse d'Ingénieur-docteur*, Université de Paris, novembre 1953.

Sur les figures 1 et 2 nous avons reproduit les résultats obtenus avec l'iso-octane et le benzène à la richesse 1,15 et à une température d'admission de 50° C aux vitesses de rotation 1000 et 3100 t/mn respectivement. Les mesures étaient effectuées sur 500 cycles. Les courbes présentent notamment à 3100 t/mn des tronçons à pente positive; ces anomalies sont dues au fait que les divers points correspondent à des échantillons diffé-



rents qui représentent imparfaitement l'ensemble de la population étudiée; nous avons précisé ce point en opérant successivement sur 200, 500, 1000 et 2 000 cycles. Bien que la courbe tracée avec des échantillons de 2 000 cycles apparaisse beaucoup plus régulière qu'avec des échantillons de 200 la différence sur la moyenne aussi bien que sur l'écart type entre les deux cas extrêmes ne dépasse pas 1,5 %.

Dans tous les cas l'allure générale du phénomène est la suivante : la dispersion pratiquement inexistante au moment de l'allumage s'amplifie progressivement pour s'atténuer et finalement disparaître vers la fin de la combustion. Les courbes cumulatives grossièrement symétriques au début et dans la phase médiane de la combustion présentent progressivement dans la dernière phase une dissymétrie caractéristique corres-

pondant à une concentration des cycles successifs vers les pressions élevées (courbes 10°, 20° et suivantes).

L'amplitude totale de la dispersion atteint des valeurs de l'ordre de 20 à 25 kg/cm² c'est-à-dire en valeur relative 70 % de la pression moyenne. Les écarts types sont de 4 à 5 kg/cm² dans la zone la plus dispersée. Ils sont très nettement supérieurs à ceux obtenus précédemment sur le moteur C. F. R. Cette divergence est due probablement à l'utilisation dans ce dernier cas d'une température d'admission plus élevée (150°) et de taux de compression plus bas (4 à 5,5).

On voit sur la figure que malgré l'importance considérable de la dispersion, la méthode statistique met clairement en évidence des différences de comportement entre deux carburants, relativement faibles par rapport aux fluctuations enregistrées d'un cycle à l'autre. Nous retrouvons en particulier aussi bien à 1000 qu'à 3 100 t/mn le fait que la « vitesse de réaction » du benzène dans le moteur est plus élevée que celle de l'iso-octane, résultat déjà obtenu sur moteur C. F. R.

Notons enfin que les aires des diagrammes pression-volume tracés à partir des courbes cumulatives pour les valeurs extrêmes des pressions accusent des différences de l'ordre de 20 %. Bien que ces diagrammes enveloppes ne correspondent pas à des évolutions réelles et ne donnent qu'une limite supérieure de l'écart réel, ce nombre laisse prévoir la possibilité d'une amélioration sensible du rendement de diagramme par réduction de la dispersion.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur certaines propriétés des diélectriques à grande constante.* Note (*) de M. **Marcel Gourceaux**, présentée par M. Louis de Broglie.

Unités employées : système mixte U. E. S. — U. E. M. (avec $c = 3.10^{10}$).

1. Si l'on étudie l'effet pelliculaire créé par un courant alternatif sinusoïdal haute-fréquence (pulsation ω) dans un fil cylindrique (conductibilité γ, perméabilité magnétique μ) en tenant compte (ce que ne fait pas la théorie classique) de l'influence du diélectrique environnant (constante ε, perméabilité magnétique μ_0), on obtient pour épaisseur de pénétration

$$\varepsilon_1 = \frac{c\sqrt{2}}{\sqrt{\omega^2\varepsilon\mu_0 + \sqrt{(\omega^2\varepsilon\mu_0)^2 + (4\pi\gamma\mu\omega)^2}}}.$$

En général, on a

$$\omega^2\varepsilon\mu_0 \ll 4\pi\gamma\mu\omega$$

(*) Séance du 8 décembre 1954.

et l'on retrouve la formule classique $\varepsilon_2 = c/\sqrt{2\pi\gamma\mu\omega}$ mais si la constante diélectrique est suffisamment grande pour que

$$\omega^2 \varepsilon \mu_0 \gg 4\pi\gamma\mu\omega,$$

on obtient

$$\varepsilon_3 = \frac{c}{\omega\sqrt{\varepsilon\mu_0}},$$

ce qui revient à dire que *le phénomène est alors réglé de l'extérieur*, sans qu'interviennent les caractéristiques γ et μ du conducteur.

2. Si l'on soumet un diélectrique parfait à un champ électrique uniforme sinusoïdal, ses électrons (qui sont tous liés) oscillent à la fréquence du champ et l'on conçoit que, dans certaines conditions, ces oscillations puissent s'amplifier au point de compromettre l'existence même de la substance (le champ électrique devenant alors théoriquement infini en tout point du diélectrique). Le calcul permet de déterminer ces conditions dans les cas suivants (en posant $x = \omega\sqrt{\varepsilon\mu_0}\,R/c$ et en se plaçant dans l'hypothèse du régime quasi stationnaire qui assure la symétrie de révolution) :

a. Cylindre plein illimité de rayon R et champ parallèle à son axe : x doit être égal à l'une des racines de la fonction de Bessel J_0.

b. Cylindre creux illimité de rayons R et R′(R > R′) et champ parallèle à son axe : x doit être voisin de l'une des racines de l'équation

$$J_0(x)\,N_1(kx) - J_1(kx)\,N_0(x) = 0 \qquad \left(\text{avec } k = \frac{R'}{R}\right).$$

(le phénomène étant d'autant plus difficile à obtenir que le cylindre est plus creusé, c'est-à-dire que k est plus proche de l'unité).

c. Sphère pleine de rayon R : x est donné par

$$x_n\left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right).$$

x_n désignant l'une des racines de la fonction $J_{\frac{3}{2}}$; notons qu'une faible variation de x depuis x_n jusqu'à $x_n(1 - 1/\varepsilon)$ suffit à modifier totalement l'état électromagnétique de la sphère (dont le moment électrique passe alors de zéro à l'infini).

d. Sphère creuse de rayons R et R′(R > R′); on obtiendra le phénomène étudié en prenant x au voisinage d'une racine de l'équation

$$J_{\frac{3}{2}}(kx)\,N_{\frac{3}{2}}(x) - J_{\frac{3}{2}}(x)\,N_{\frac{3}{2}}(kx) = 0 \qquad \left(\text{avec } k = \frac{R'}{R}\right).$$

Remarquons d'ailleurs qu'on peut traduire ces résultats dans le langage des valeurs propres; notamment, on peut parler des rayons cylindriques et sphériques propres à une substance diélectrique donnée, pour une fréquence donnée.

ÉLECTRODYNAMIQUE. — *Énergie de l'oscillateur harmonique dans le vide.* Note (*) de MM. **Paul Braffort** et **Christophe Tzara**, présentée par M. Francis Perrin.

L'énergie d'un oscillateur harmonique dans le champ fluctuant de l'absorbeur est trouvée égale au produit de sa fréquence propre par une constante universelle.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons calculé les énergies d'interaction d'une charge libre et d'un oscillateur harmonique avec le champ du vide. Le spectre $K(\omega)$ de la densité d'énergie électromagnétique avait été laissé indéterminé.

Le champ du vide produit par l'absorbeur se présente comme un résidu, quand on fait tendre vers zéro la température macroscopique du milieu. La formule de Wien $U(\omega) = \omega^3 F(\omega/T)$ donnerait, pour $T = 0$, le spectre $K(\omega)$. $F(\omega/T)$ tend vers une constante universelle donc $K(\omega) = b\omega^3$. Puisque $\omega^2/\pi^2 c^3$ est le nombre d'oscillations ω par unité de volume et de bande de fréquence, nous écrirons $K(\omega)$ sous la forme $(\omega^2/\pi^2 c^3)\,a\omega$, qui est le spectre d'un champ de direction quelconque. Projeté sur une dimension, $K(\omega) = (\omega^2/3\pi^2 c^3)\,a\omega$. Les énergies d'interaction de la charge libre et de l'oscillateur divergent donc linéairement.

Nous calculons la somme des énergies cinétique et potentielle de ces systèmes. En approximation non relativiste, $[\varepsilon = (1/2)mx'^2] + [(k/2)\overline{x}^2]$. Le procédé de calcul est le même que dans ([1]), mais en partant de $mx'' - \rho x''' + kx = e\tilde{E}$ qu'on écrit à t et à $t + \tau$; en multipliant membre à membre et en moyennant sur un intervalle de temps infini, on obtient la relation en $\xi(\tau)$, fonction d'autocorrélation de x :

$$m\xi^{(4)}(\tau) - \rho^2\xi^{(6)}(\tau) + 2km\xi^{(2)}(\tau) + k^2(\xi(\tau) = e^2\varepsilon(\tau)$$

dont la transformée de Fourier est

$$\chi(\omega) = 4\pi e^2 \frac{K(\omega)}{m^2(\omega^2 - \omega_r^2) + \rho^2\omega^6}.$$

Finalement pour l'oscillateur harmonique

$$\bar{\varepsilon}_1 = \frac{2e^2\pi}{m}\int_0^\infty \frac{(\omega + \omega_r^2)K(\omega)}{(\omega^2 - \omega_r^2)^2 + \frac{\rho^2}{m^2}\omega^6}\,d\omega$$

et pour charge libre $(\omega_r = 0)$:

$$\bar{\varepsilon}_2 = \frac{2e^2\pi}{m}\int_0^\infty \frac{\omega^2 K(\omega)}{\omega^4 + \frac{\rho^2}{m^2}\omega^6}\,d\omega,$$

(*) Séance du 8 décembre 1954.

([1]) P. Braffort, M. Spighel et C. Tzara, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 157.

$K(\omega) = 0$ pour $\omega < 0$, $K(\omega) = (a\omega^3/3\pi^2c^3)$ pour $\omega \geq 0$, donc $\bar{\varepsilon}_1$, et $\bar{\varepsilon}_2$ divergent logarithmiquement. Leur différence est l'énergie supplémentaire qu'acquiert la charge lorsqu'elle passe de l'état libre à l'état d'oscillateur harmonique. Nous appellerons cette grandeur l'énergie de l'oscillateur.

En posant

$$\frac{m}{\rho} = \frac{3mc^3}{2e^2} = \omega_s, \qquad \left(\frac{\omega_r}{\omega_s}\right)^2 = q,$$

et en faisant le changement de variables $(\omega/\omega_s)^2 = u$:

$$\varepsilon = \frac{\omega_s a}{2\pi} \int_0^\infty \left[\frac{u(u+q)}{(u-q)^2 + u^3} - \frac{1}{1+u}\right] du.$$

Cette intégrale est obtenue par Adirovitch et Podgoretzkii (²) au cours d'un calcul semi-classique dont nous venons d'avoir connaissance.

L'intégrale se réduit à $2\pi q^{1/2}$ pour $q^{1/2} \ll 1$ ou $\omega_r \ll \omega_s$ (condition remplie en approximation non relativiste puisque $\hbar\omega_s = 206mc^2$). Il vient donc

$$\varepsilon = a\omega_r.$$

Ce résultat a été obtenu dans le champ de la physique classique, complétée par la théorie de l'absorbeur. Il est remarquable que la mécanique quantique, appliquée au problème de l'énergie de l'oscillateur harmonique dans le champ de zéro, redonne le même résultat si l'on fait $a = \hbar/2$.

RAYONS X. — *Spectre* L *du plutonium*. Note (*) de Mlles **Yvette Cauchois**, **Ioana Manescu** et **Françoise Le Berquier**, présentée par M. Francis Perrin.

Les premiers spectres d'absorption et de fluorescence X du plutonium ont été observés et mesurés à l'aide d'environ 10 mg de PuO_2 provenant de la pile atomique de Châtillon.

Les spectres de rayons X du plutonium n'ont, à notre connaissance, pas été analysés. On peut se l'expliquer. Des difficultés spéciales résultent, entre autres, de sa toxicité. Nous avons abordé l'étude de ces spectres à l'aide du plutonium 239 extrait du premier jeu de barreaux d'oxyde d'uranium de la pile de Châtillon du Commissariat à l'Énergie atomique.

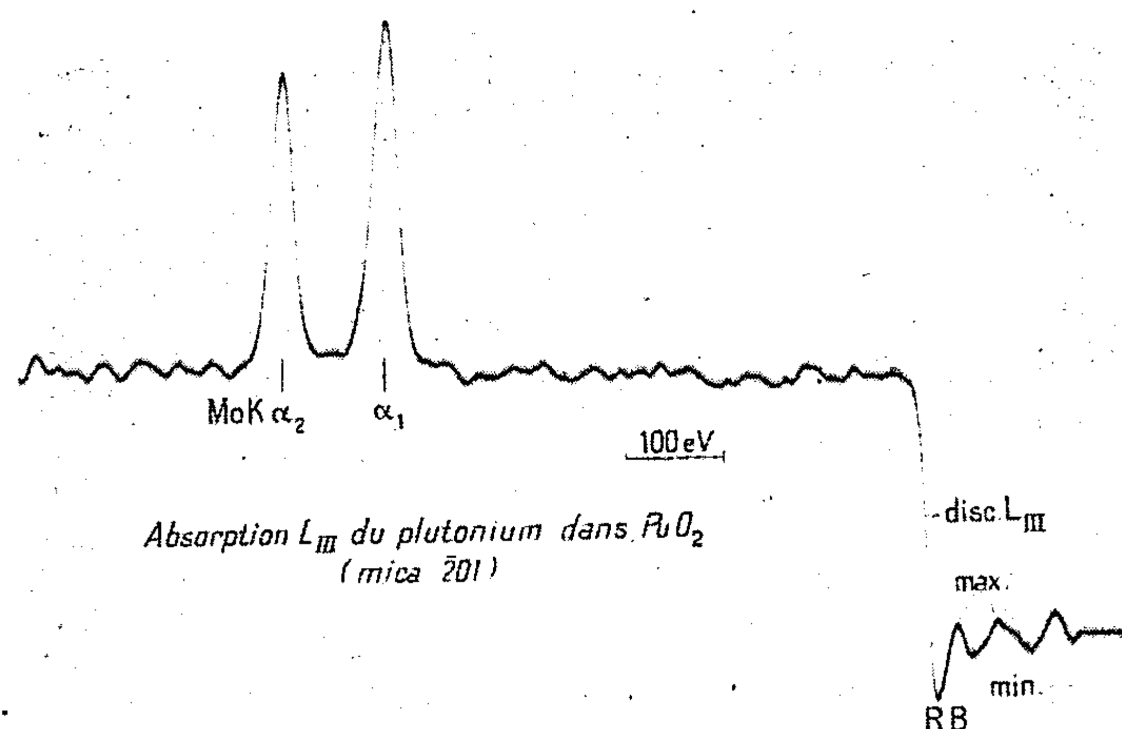
L'excitation cathodique des spectres d'émission ne demanderait que de très petites quantités de plutonium, mais exigerait des dispositifs de sécurité compliqués. L'obtention du spectre d'absorption L, plus facile à ce point de vue, demande beaucoup plus de produit mais semblait possible avec la quantité

(²) *Z. Eks. teor. Fiz., U. R. S. S.*, 26, 1954, p. 150.

(*) Séance du 8 décembre 1954.

dont nous pouvions disposer, de l'ordre de 10 mg de plutonium sous forme de PuO_2.

Après avoir établi des modes opératoires pour la fabrication d'un écran et la technique spectroscopique, nous les avons vérifiés par une étude préalable complète sur oxyde d'uranium. La préparation de l'écran a été effectuée par l'une de nous. La couche absorbante est déposée sur une lamelle de silice



Absorption L_{III} du plutonium dans PuO_2 (mica $\bar{2}01$)

de 0,15 mm d'épaisseur logée dans une plaque d'acier inoxydable. Une solution de nitrate de plutonium très pur est amenée à sec, puis reprise par 2 cm³ d'acétate d'éthyle contenant très peu de vernis « zapon ». Le dépôt est effectué par couches successives, à l'aide d'un pinceau sur une surface utile de 6 × 13 mm. Après chaque application, un grillage de 10 minutes dans un four à 800° donne une couche de PuO_2 parfaitement adhérente grâce à la présence du vernis qui brûle sans laisser de traces. L'opération, sous boîte à gants ventilée, a demandé plus d'une centaine d'applications et grillages, échelonnés sur une quinzaine de jours. Le dépôt est ainsi très homogène. Sa densité superficielle est d'environ 12,5 mg/cm² en plutonium. Il est recouvert d'aluminium mince qui arrête le rayonnement α. La pièce portant l'écran, enfermée dans un sac protecteur de polythène pour éviter la dispersion de traces de plutonium, est alors convenablement placée entre la fenêtre de sortie d'un tube à rayons X démontable et un spectrographe à focalisation de 40 cm de diamètre. La technique spectroscopique, établie au laboratoire de Chimie physique, avait déjà servi pour tous les éléments lourds (1) y compris Po, Ra, Th et U. Malgré l'affaiblissement du faisceau X par les milieux étrangers (la silice en particulier) et quoique la quantité de plutonium soit relativement petite surtout pour L_I, les trois discontinuités d'absorption L apparaissent nettement et sont bien mesurables. Les premiers résultats donnés

(1) Se reporter à Y. Cauchois, *J. Phys. Rad.*, 13, 1952, p. 113.

dans le Tableau concernent une dizaine de spectres dus aux réflexions 100, $\bar{2}01$ et $\bar{4}02$ d'un mica; les dispersions étant alors de 12,7 et 6,3 uX/mm et la résolution excellente.

		λ(uX).	ν/R.
L_{III}.	disc.	685,25	1329,83
	R. B	684,8	1330,7
	max.	684,1	1332,1
	min.	683,4	1333,4
	max.	682,7	1334,8
L_{II}.	disc	555,95	1639,12
	min.	555,3	1641,0
	max.	554,3	1643,4
L_{I}.	disc	535,4	1702,0

	λ(uX).	ν/R.
$L\alpha_1$	866,8	1051,3
$L\alpha_2$	878,4	1037,4
$L\beta_1$	676,5	1347,0
$L\beta_2$	717,0	1270,9

Une modification du montage nous a permis d'enregistrer plusieurs raies émises par fluorescence et de les mesurer par rapport à des émissions connues d'écrans substitués à celui du plutonium. G. W. Barton, H. P. Robinson, I. Perlman ([2]) avaient déjà observé quelques raies L de ^{238}Pu émises spontanément lors de la décroissance radioactive α de ^{242}Cm. Notre méthode peut conduire à une précision supérieure à 2 eV, alors que ces auteurs donnent leurs mesures à $\pm$ 10 eV dans le meilleur cas ; les divergences avec nos valeurs dépassent nettement l'erreur probable.

L'extension de notre travail doit substituer une détermination de tous les niveaux d'énergie du plutonium à leur estimation par extrapolation et l'améliorer pour les autres transuraniens. Le dépouillement des spectres corpusculaires en sera facilité et précisé. Des informations pourront en être déduites pour la répartition des charges nucléaires. Les structures d'absorption, observées déjà sur les clichés obtenus, permettront d'éclairer la question de la configuration électronique des « actinides ».

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la désintégration de* ^{99}Mo. Note (*) de Mmes **Christiane Lévi** et **Lily Papineau**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Un spectre β d'E_{max} 800 keV a été mis en évidence en coïncidence avec le rayonnement γ de 390 keV déjà observé dans ^{99}Mo. La droite de Fermi a pu être tracée par spectrométrie en coïncidence $\beta - \gamma$. L'ensemble du schéma de désintégration a été confirmé par des mesures de coïncidences $\gamma - \gamma$.

L'étude de la désintégration de ^{99}Mo et des niveaux excités de ^{99}Tc a été

(2) *Phys. Rev.*, 81, 1951, p. 208.

(*) Séance du 8 décembre 1954.

effectuée ces dernières années par différents auteurs ([1]), ([2]), ([3]). M. E. Bunker et R. Canada ([3]) avaient suggéré les grandes lignes du schéma que J. Varma et C. E. Mandeville ([4]) viennent de confirmer par des mesures de coïncidences (*fig.* 1), à l'exception de la position du rayonnement γ de 370 keV. Dans une note ajoutée sur épreuve, ils signalent avoir trouvé ce rayonnement en coïncidence avec un rayonnement β d'environ 0,87 MeV. Ils en ont conclu que le rayonnement γ de 370 keV aboutissait à l'état métastable de ^{99}Tc de 6 h. C'est ce que nous avons voulu vérifier.

a. Méthode expérimentale. — Les mesures de coïncidence $\gamma-\gamma$ ont été effectuées à l'aide de compteurs à scintillations avec sélection en énergie sur les deux voies (temps de résolution 5.10^{-6} s.). L'utilisation quantitative de la méthode des coïncidences a nécessité la mesure des rendements des cristaux utilisés. Des mesures de coïncidences $\beta-\gamma$ ont été effectuées à l'aide d'un spectromètre β à coïncidences ([5]) dont le temps de résolution est 2.10^{-8} s. Il permet, pour chaque valeur du champ appliqué au spectromètre, de tracer le spectre γ en coïncidence avec les β.

b. Coïncidences $\gamma-\gamma$. — Nos mesures sont qualitativement en accord avec celles de Varma et Mandeville. En interprétant qualitativement les mesures de coïncidences $\gamma-\gamma$ en fonction du schéma (*fig.* 1), nous avons déterminé le rapport d'embranchement de la cascade 40-140 keV dans la désintégration du niveau à 180 keV à 35 %, en admettant la valeur connue 0,10 du coefficient de conversion total du rayonnement de 140 keV. Nous trouvons que les coefficients de conversion des rayonnements de 180 et 40 keV sont respectivement $0,6\pm0,2$ et 30 ± 10. Ces deux dernières valeurs, bien qu'entachées d'une grande incertitude propre à la méthode, restent cependant nettement supérieures à celles de Varma et Mandeville obtenues par une méthode analogue. Ces résultats ([4]) ainsi que la période de 3.10^{-9} s du niveau à 180 keV ([6]) permettent d'attribuer les rayonnements de 40 et 180 keV à des transitions M_1 et E_2 respectivement. Notre valeur du coefficient de conversion du rayonnement de 180 keV est incompatible avec E_2, ce qui remettrait en cause la parité positive du niveau à 180 keV et peut-être même le schéma. Il serait très utile de faire la détermination de ce coefficient de conversion par une autre méthode plus précise.

c. Place du rayonnement de 370 keV *dans le schéma de désintégration.* — Si ce rayonnement se voit mal en spectrométrie γ simple, il ressort nettement en

---

([1]) H. Médicus, D. Maeder et H. Schneider, *Helv. Phys. Acta*, 24, 1951, p. 72.

([2]) N. Marty, *Ann. Phys.*, 6, 1950, p. 662.

([3]) *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 961.

([4]) *Phys. Rev.*, 94, 1954, p. 1, 91.

([5]) J. Moreau, *J. Phys. Rad.*, 15, 1954, p. 776.

([6]) P. Lehmann et J. Miller (à paraître).

coïncidences β-γ (*fig.* 2), avec des rayons β de 560 keV. On voit bien que le spectre β en coïncidence avec les rayonnements γ de 740 et 780 keV est moins énergique que le spectre partiel en coïncidence avec le rayonnement γ dont nous avons évalué l'énergie à 390 ± 20 keV. Nous avons pu tracer le spectre β

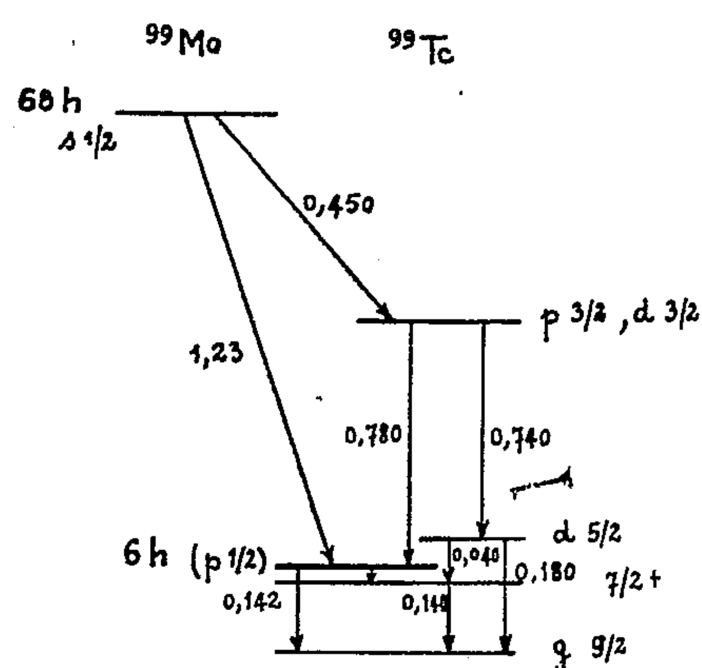


Fig. 1.

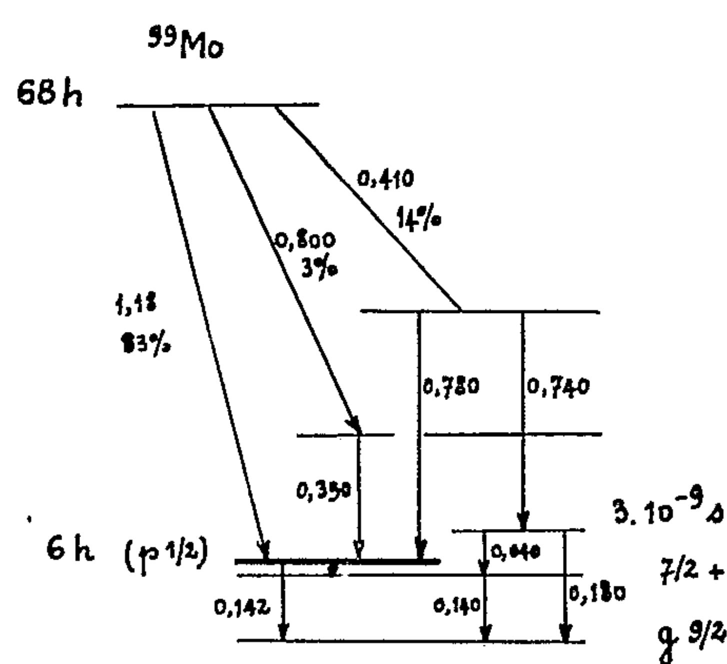


Fig. 4.

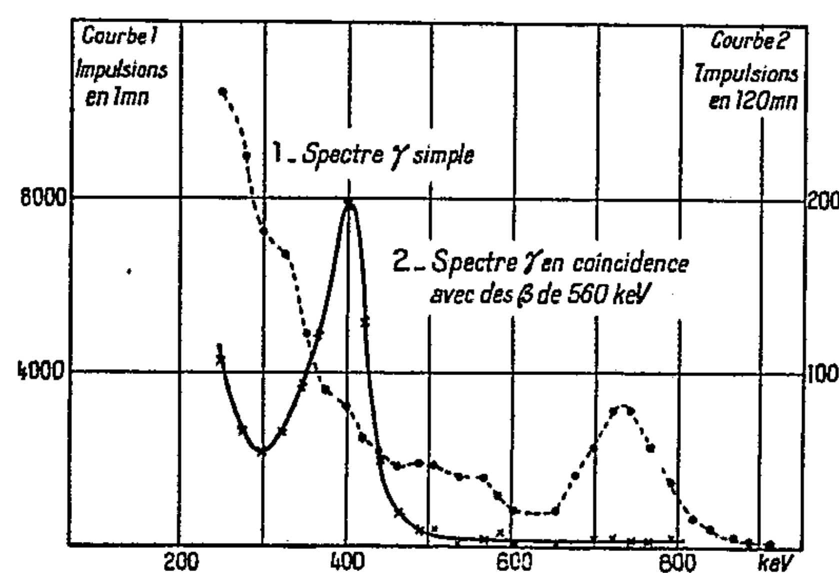


Fig. 2.

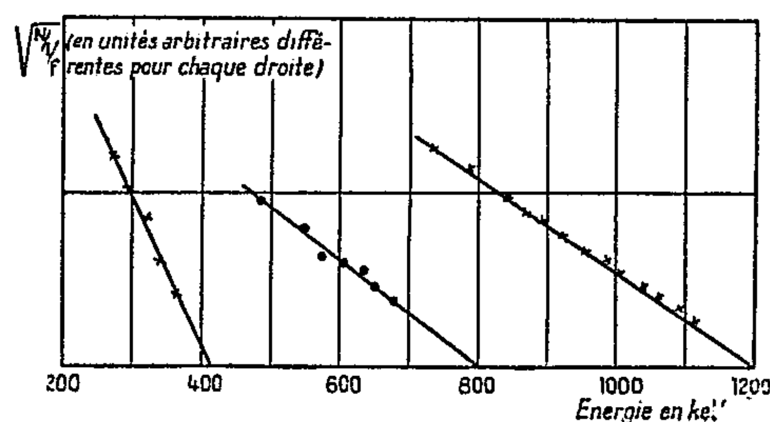


Fig. 3.

en coïncidence avec ce rayonnement γ et déterminer son énergie maximum à 800 keV. Par mesure de contrôle, nous avons tracé également le spectre β total (E_{max} 1180 keV) et celui en coïncidence avec les rayonnements γ 740-780 keV (E_{max} 410 keV). Les droites de Fermi correspondantes sont représentées sur la figure 3. Une mesure de coïncidences β-γ faite sur le dispositif à long temps de résolution avec un compteur cloche à paroi mince côté β a permis, par comparaison des pics à 740-780 keV et à 390 keV d'évaluer à 3 % le rapport d'embranchement du spectre β d'E_{max} 800 keV. (Nous avons négligé le coefficient de conversion du rayonnement γ de 390 keV.) Ceci donne un log *ft* de l'ordre de 7,9. La transition est donc assez fortement interdite et si le niveau fondamental de ^{99}Mo est bien *s* 1/2, le niveau à 530 keV de ^{99}Tc aurait sans doute une parité négative. L'ensemble de ces résultats permet de tracer le schéma de désintégration de ^{99}Mo comme le montre la figure 4.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Importance de la diffusion inélastique $\beta - e^-$ dans les sources radioactives.* Note (*) de M. **Maurice Duquesne**, transmise par M. Frédéric Joliot.

Dans de précédentes Notes (1), (2) nous avons montré comment la rétrodiffusion des particules β par les compteurs Geiger-Müller perturbait les mesures de coïncidences $\beta - e^-$, et indiqué une méthode pour atteindre le taux des coïncidences ayant la source radioactive pour origine. La diffusion inélastique $\beta - e^-$ dans la matière de la source provoque aussi des coïncidences parasites.

La réalisation d'un dispositif à compteurs Geiger-Müller mobiles nous a permis d'étudier les coïncidences en provenance d'une source de ^{32}P et de montrer l'influence de la masse superficielle moyenne (μ_S) de la matière radioactive sur la corrélation angulaire des coïncidences $\beta - e^-$ signalée dans la Note (2). Le montage de la source est celui indiqué dans cette Note. La masse superficielle du support (LC 600) est de l'ordre de 20 à 50 $\mu g/cm^2$. Les fenêtres des compteurs ont une masse superficielle de 1 mg/cm². Trois espèces de sources ont été utilisées :

1° les sources S_{th} obtenues par projection thermique sous vide; μ_S est uniforme et souvent inférieur au microgramme;

2° les sources $S_{dép}$ obtenues par évaporation d'une microgoutte de solution active $50 < \mu_S < 500\ \mu g/cm^2$;

3° pour les sources épaisses nous avons utilisé ^{32}P sous forme de phosphore rouge, réaction $^{31}P(n, \gamma)^{32}P$.

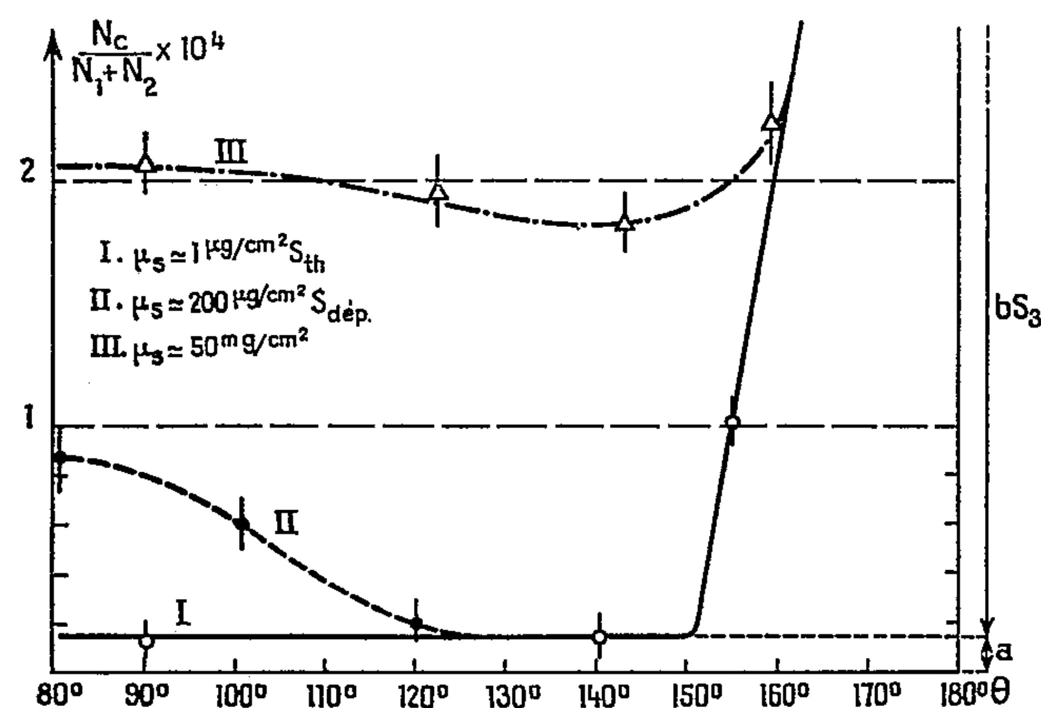


Fig. 1. — Taux des coïncidences $\beta - e^-$ en fonction de l'angle θ et pour des sources de différentes épaisseurs Pour $\theta > 150°$ la montée de Nc est due à la rétrodiffusion des β par les compteurs.

(*) Séance du 8 décembre 1954.

(1) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1159.

(2) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 598.

Dans l'expression générale du taux de coïncidences $N_c/N_1 + N_2 = a + bS$, la rétrodiffusion par les compteurs est caractérisée par le terme bS et peut être éliminée. Le taux des coïncidences dues à la diffusion inélastique $\beta - e^-$ se produisant dans la matière radioactive à l'intérieur de la surface S, entre dans la valeur a. Cet autre phénomène parasite perturbe les mesures de coïn-

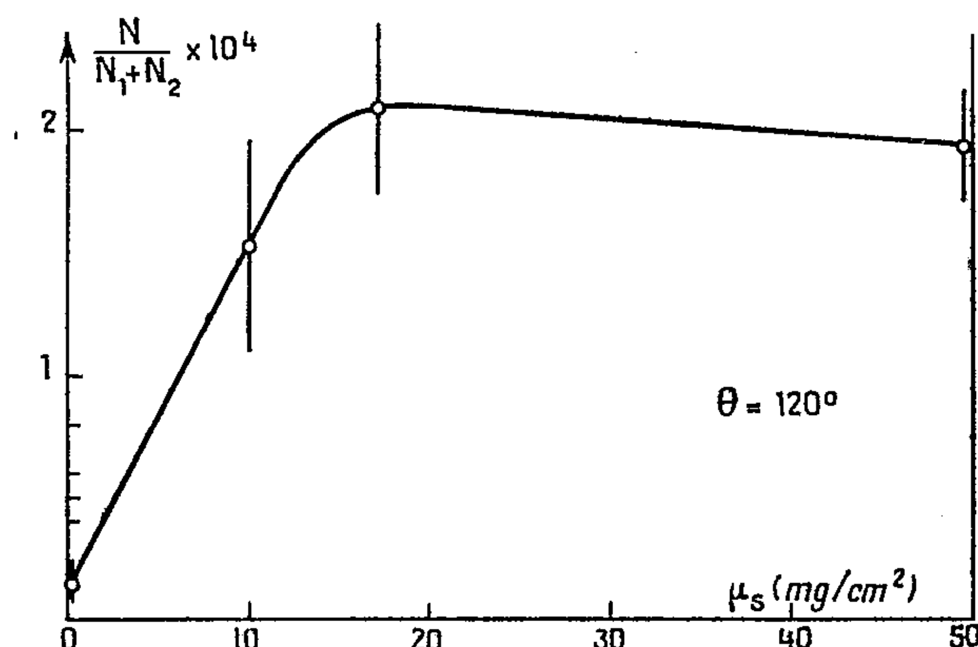


Fig. 2. — Taux des coïncidences $\beta - e^-$ en fonction de l'épaisseur de la source, pour une géométrie où la rétrodiffusion est nulle.

cidences $\beta - e^-$ en augmentant la valeur de a et en introduisant, pour des sources dont $50 < \mu_S < 500\,\mu g/cm^2$, une corrélation angulaire avec maximum au voisinage de $\theta = 90^\circ$ (*fig.* 1). Cette corrélation angulaire s'estompe lorsque μ_S augmente, et la valeur a qui croît d'abord avec μ_S atteint un maximum du fait de l'auto-absorption dans la source des e^- secondaires projetés par les rayons β (*fig.* 2). Des résultats semblables ont été obtenus avec ^{90}Y et ^{204}Tl; il semble donc, les sources du type S_{th} étant quelquefois difficilement réalisables, que l'on puisse étudier un nuclide par la méthode des coïncidences avec des sources $S_{dép}$ de μ_S suffisamment petit ($\mu_S < 200\,\mu g/cm^2$ pour ^{32}P). La géométrie dans ces conditions doit être limitée à $130^\circ \leqq \theta \leqq 180^\circ$, θ étant l'angle défini par les axes des compteurs; c'est la région où les mesures sont perturbées par les coïncidences dues à la rétrodiffusion, on atteindra donc la valeur a_0 par la méthode signalée dans la Note (²).

RAYONS COSMIQUES. — *Sur la perte d'énergie, par ionisation, de la composante nucléaire dans l'atmosphère.* Note de MM. **Tsai-Chü** et **Max Morand**, présentée par M. Eugène Darmois.

La perte d'énergie, par ionisation, de la composante nucléaire est calculée au moyen du spectre des moments. La valeur à haute latitude, 50°, est d'environ $120\,MeV.cm^{-2}.s^{-1}.stérad^{-1}$, elle est supérieure à celle estimée par Rossi.

1. Le flux vertical d'énergie apportée au sol par les rayons cosmiques se divise et se répartit entre différentes composantes secondaires après des interactions avec les noyaux de l'air. Rossi ([1]) a pu calculer le bilan d'énergie cosmique entre les particules primaires et leurs secondaires; c'est-à-dire mésons μ, photons et électrons, neutrinos et nucléons. Basé sur les données très incomplètes, le résultat relatif à la composante nucléaire est plus imprécis que les autres. La connaissance du spectre des moments ([2]) jusqu'à très faible énergie nous permet de calculer la partie due aux nucléons avec plus de précision. La perte d'énergie correspondant aux nucléons comprend deux parties : la perte d'énergie par ionisation dans l'air et la perte d'énergie par interaction nucléaire. A une altitude donnée, la perte d'énergie par ionisation par $g.cm^{-2}$ d'air ($\Delta E/\Delta x$) est obtenue par le produit de l'intensité, $j(o)$, et la perte d'énergie (dE/dx) en MeV/$g.cm^{-2}$ d'air; l'intégration de ce produit sur toute l'atmosphère donne la perte totale d'énergie par ionisation.

2. Les spectres des moments des protons sont extrapolés respectivement jusqu'aux moments de coupure verticale, soit 9,04 BeV/c à Tamanrasset et 13,80 BeV/c à Costermansville, à l'aide d'un spectre primaire ([3]) et d'un parcours d'absorption de 125 $g.cm^{-2}$; la partie extrapolée, I(P), diminue avec une puissance de 1,80 à Tamanrasset et 1,86 à Costermansville; pour de très grandes énergies, la puissance du spectre peut avoir une valeur de 2,7. Nous avons

$$\frac{\Delta E}{\Delta x} = \int \frac{dE}{dx} I(P)\, dP \qquad (1)$$

pour la perte d'énergie à l'altitude d'observation h et

$$E^{!} = \int_{x_1}^{1033} \frac{\Delta E}{\Delta x} e^{-\frac{x}{L}} e^{\frac{h}{L}}\, dx \qquad (2)$$

pour la perte totale d'énergie par ionisation à travers toute l'atmosphère. Jusqu'au maximum du spectre, l'intégration de la relation (1) est effectuée graphiquement avec le spectre des moments et une courbe ([4]) dE/dx en fonction des moments. dE/dx est considéré comme constante et égale à 3 MeV/$g.cm^{-2}$ pour des protons ayant un moment 0,7 jusqu'à 1 BeV/c et égale à 2 MeV/$g.cm^{-2}$ pour ceux de plus grande énergie. Nous avons pris 135 $g.cm^{-2}$ comme parcours d'absorption L pour des protons ayant un moment inférieur à 1 BeV/c et 125 $g.cm^{-2}$ pour ceux de plus grande énergie. Pour les nucléons secondaires avant d'atteindre l'équilibre, il y a une région de transition en très haute atmosphère qui a pour effet d'augmenter le parcours d'absorption; l'intégra-

---

([1]) *Rev. Mod. Phys.*, 20, 1948, p. 537.

([2]) Tsai-Chü et Max Morand, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1502; 239, 1954, p. 415.

([3]) $I = 0,27\ E^{-1,9}$, Winkler, Stix, Dwight et Sabin, *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 656.

([4]) B. Rossi et K. Greisen, *Rev. Mod. Phys.*, 13, 1941, p. 240.

tion de la relation (2) avec le même parcours, mais seulement jusqu'à une altitude L, pourrait peut-être compenser cet effet. Les calculs détaillés sont indiqués dans le tableau I.

La perte d'énergie par ionisation des protons dans l'atmosphère.

a. Costermansville 4° latitude géomagnétique $E_{tot} = 82,9$ MeV.cm^{-2}.s^{-1}.stérad^{-1}.

Moment (BeV/c)...	0,2 à 0,7	0,7 à 1	1 à 13,8	13,8 à 15	>15
x_1 (g.cm^{-2})......	135 à 1033	135 à 1033	125 à 1033	0 à ∞	0 à ∞
Spectre × 10^7.....	*fig.* 2 (²)	$3,33 P^{-1,86}$	$3,33 P^{-1,86}$	$3,33 P^{-1,86}$	$3,33 \times 15^{0,84} P^{-2,7}$
E (MeV.cm^{-2} stérad.s^{-1})........	36,79	10,98	29,99	0,66	4,48

b. Tamanrasset 25°30′ latitude géomagnétique $E_{tot} = 89,4$ MeV.cm^{-2}.s^{-1}.stérad^{-1}.

Moment..........	0,19 à 0,66	0,66 à 1	1 à 9,04	9,04 à 15	>15
x_1...............	135 à 1033	135 à 1033	125 à 1033	0 à ∞	0 à ∞
Spectre × 10^7.....	*fig.* 1 (²)	$2,62 P^{-1,80}$	$2,62 P^{-1,80}$	$2,62 P^{-1,80}$	$2,62 \times 15^{0,9} P^{2,7}$
E...............	37,01	13,38	28,56	5,37	5,06

c. Latitude géomagnétique 50° $E_{tot} = 120,5$ MeV.cm^{-2}.s^{-1}.stérad.$^{-1}$.

Moment..........	0,19 à 0,63	0,66 à 1	1 à 2,6	2,6 à 15	>15
x_1...............	135 à 1033	135 à 1033	125 à 1033	0 à ∞	0 à ∞
Spectre × 10^7.....	1,37 × *fig.* 1	$2,62 P^{-1,80}$	$2,62 P^{-1,80}$	$2,62 P^{-1,80}$	$2,62 \times 15^{0,9} P^{-2,7}$
E...............	50,7	13,4	18,4	32,9	5,1

3. Pour la latitude géomagnétique 50°, nous avons utilisé le même spectre que Tamanrasset sauf en augmentant 1,37 fois (²) les intensités des protons ayant un moment inférieur au maximum du spectre; la perte d'énergie des protons, proprement dite, est 120,5 MeV.cm^{-2}.s^{-1}.stérad^{-1}, soit deux fois plus grande que l'ancienne valeur, 52, de Rossi. Dans ces estimations, il n'avait pas été tenu compte de la perte d'énergie due aux protons de très faible énergie (parcours inférieur à 5 g.cm^{-2} de laiton); elle avait été incorporée dans la perte d'énergie par interaction nucléaire; la perte d'énergie due aux protons de très grande énergie avait été incorporée dans celle des mésons μ; par conséquent, il n'y a probablement pas une très grande augmentation sur l'ensemble des pertes d'énergie des composantes secondaires. La valeur de la perte d'énergie, par ionisation, en tenant compte de la diffusion des nucléons secondaires, doit être encore augmentée sensiblement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Point isohydrique et structure des solutions aqueuses concentrées : l'acide phénylacétique.* Note (*) de M. **Georges Carpéni** et Mlle **Marcelle Michel**, présentée par M. Louis Hackspill.

La courbe des potentiels (électrode à hydrogène) des solutions saturées, à 25°, du système acide phénylacétique (= AH)-phénylacétate de potassium (= AK)-eau, laisse apparaître un point anguleux particulier; celui-ci correspond à l'eutectique AH-sel acide AH.AK et son taux de salification $x = 0,22$, est peu différent du taux isohydrique $x_I \neq 0,17$.

(*) Séance du 8 décembre 1954.

Dans une Note récente, l'un de nous [1] a montré que la présence d'un « point isohydrique soluté » dans le réseau des courbes de salification d'un acide AH par une base B, était beaucoup plus fréquente qu'on pouvait le penser tout d'abord. Parmi les exemples cités, figuraient, entre autres, plusieurs acides organiques gras, tels que l'acide formique, l'acide acétique, etc. Poursuivant l'étude des relations entre point isohydrique et structure des solutions aqueuses « concentrées » [2], nous désirons maintenant apporter plusieurs résultats nouveaux concernant un acide acétique substitué : l'acide phénylacétique.

Peu soluble dans l'eau à la température ordinaire [3], l'acide phénylacétique est cependant susceptible de fournir des solutions très concentrées, à condition d'être associé à une quantité relativement faible d'un de ses sels, potassique par exemple. Cela revient à dire que sa solubilité augmente considérablement pour un certain taux de neutralisation. Ce fait, reconnu déjà par Smith et Speakman [4], joint à l'existence d'un sel acide « 0,5 » [5], nous incitait à appliquer à l'acide phénylacétique notre méthode d'étude actuellement au point.

Le titrage direct, par la potasse, des solutions d'acide de concentrations c_0, $c_0/2$, $c_0/5$, etc. [3], n'indique pas de point isohydrique, la solution c_0, pourtant saturée, étant manifestement trop diluée pour contenir des molécules associées en quantité notable. L'association se faisant vraisemblablement par estérifications potentielles [6], les radicaux phényls sont placés à la périphérie des édifices associés et entraînent, par leur hydrophobie, une insolubilité marquée. Cependant, il suffit que le réseau associé (quasi cristallin) de l'eau soit perturbé par la présence d'ions phénylacétiques plus nombreux, pour que aussitôt la solubilité de l'acide augmente considérablement : pour un taux de salification de $x = 1,3/(1,3 + 4,63) = 0,22$, la solubilité de l'acide *libre* passe par un maximum aigu de 4,63 M (*fig.* 1).

Dans cette Note préliminaire, nous nous limiterons aux résultats relatifs au diagramme d'équilibre du système ternaire AH — AK H_2O à 25°. La figure 2

---

(1) G. CARPÉNI, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1088 et 1154.

(2) La signification, toute relative, que nous attachons à ce terme a été précisée antérieurement (*loc. cit.*, p. 1156, note 9).

(3) A 25°, la solution saturée c_0 est, en effet, 0,125 M.

(4) *Trans. Far. Soc.*, 44, 1948, p. 1081.

(5) L'acide phénylacétique étant monobasique, le taux de neutralisation x (= sel/acide total) varie naturellement de 0 à 1 ; un sel acide « 0,5 », potassique par exemple, signifie donc une constitution stoechiométrique $C_6H_5CH_2COOH.C_6H_5CH_2COOK$. Ce sel a déjà été préparé par BAKUNIN et VITALE, *Gazz. chim. ital.*, 65, 1935, p. 593.

(6) *Cf.* G. CARPÉNI, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 1281 ; aussi autres travaux antérieurs.

montre la forme assez curieuse de la courbe des potentiels E ([7]) des solutions *saturées :* 1° en acide AH (branche AA′A″B); 2° en sel acide « 0,5 » (branche BB′C) et 3° en sel neutre $C_6H_5CH_2COOK$ (branche CD) ([8]). On constate, par ailleurs, que dans le cas présent (solutions *constamment saturées*) un point isohydrique pI peut être défini à l'abscisse $x_i \# 0,17$.

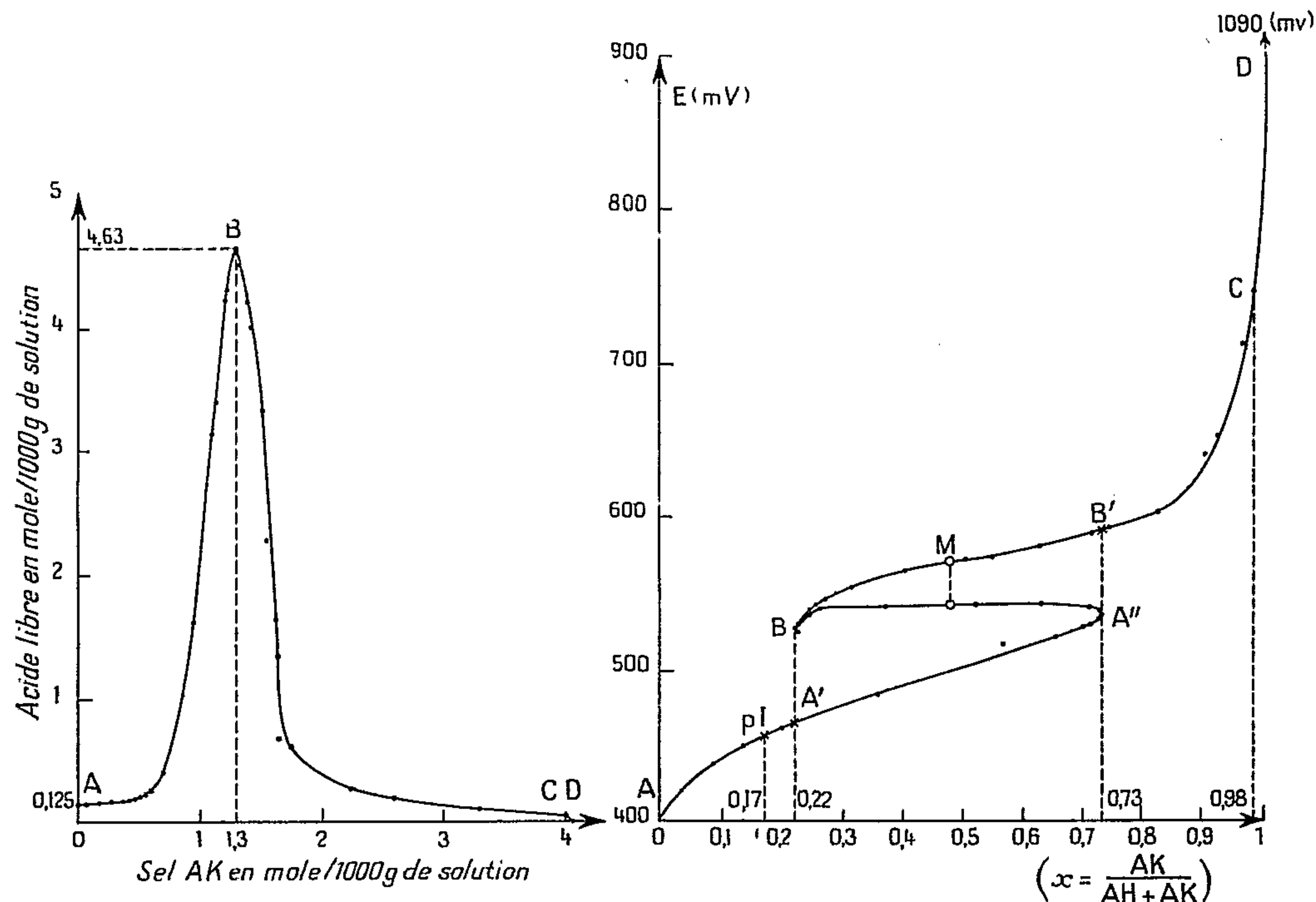


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Solubilité de l'acide phénylacétique à 25° C. — Branche AB : dépôt d'acide AH. Branche BC : dépôt de sel 0,5 (= AH — AK). Branche CD : dépôt de sel AK.

Fig. 2. — Potentiels, E, des solutions saturées en fonction du taux, x, de salification à 25° C. — Branche AA′B : dépôt d'acide AH. Branche BC : dépôt de sel 0,5, AH—AK. Branche CD : dépôt de sel AK. *p*I = point isohydrique. B : eutectique acide AH/sel AH—AK. C : eutectique sel AH—AK/sel AK.

Si, à 25°, le point isohydrique marque l'approche de l'eutectique d'abscisse $x = 0,22$, entre l'acide AH et le sel acide « 0,5 », il est possible qu'à température plus élevée, il corresponde à un véritable sel double dont la composition serait donnée par cette même abscisse $x \# x_i$ ([9]).

([7]) E représente les fém. mesurées, des piles (avec transport) du type habituel : électrode à hydrogène/pont à KCl/électrode au calomel.

([8]) Une solution quelconque M de la branche BB′, bien qu'elle soit en équilibre avec le sel « 0,5 », laisse par dilution précipiter l'acide AH (cela au point de rencontre de la verticale, baissée de M, avec la branche A″B). Au point B, eutectique entre l'acide et le sel 0,5, l'addition d'une goutte d'eau suffit pour provoquer une telle précipit ation.

([9]) Analogie marquée avec le sel isohydrique « 0,4 » borique (*cf.* G. Carpéni, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1500).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Interactions physicochimiques de deux charbons pendant leur carbonisation.* Note de M. **André Boyer**, M[lle] **Simone Durif** et M. **Boris Alpern**, présentée par M. Pierre Chévenard.

Application de résultats précédemment établis (1) au problème de la diffusion entre deux charbons dans leur état plastique. Dans les conditions usuelles de carbonisation, il apparait entre les deux charbons une zone de transition, de quelques microns d'épaisseur, résultant probablement d'un mélange. En dehors de cette zone on observe des modifications étendues de l'un au moins des constituants.

1. *Études microscopiques.* — L'anisotropie optique d'un coke permet de déceler le rang du charbon dont il provient (1). Si l'on examine entre nicols croisés un coke obtenu par carbonisation d'un mélange de grains de deux charbons A et B, de rang différent, il est possible de reconnaître des régions provenant de A et d'autres provenant de B. Ceci prouve que les grains conservent une certaine individualité et que les charbons ne se mélangent pas entièrement pendant leur fusion.

On observe, cependant, que les frontières entre les grains ne sont pas parfaitement nettes lorsque les deux charbons sont susceptibles de passer simultanément par un état fluide. A fort grossissement, une zone de transition d'anisotropie intermédiaire apparaît sur une épaisseur très variable, de quelques microns en moyenne. L'étendue de cette zone croît quand on soumet le mélange à un malaxage pendant sa fusion.

Quand on étudie un mélange de charbon à coke (anisotrope) et de flambant (isotrope), l'anisotropie du coke provenant du premier constituant diminue nettement au voisinage du second. Cette action se manifeste ordinairement à une distance de plusieurs dizaines de microns, mais elle n'est ni générale ni constante.

Si un des constituants a été semi-carbonisé par chauffage préalable à 500°C, l'examen microscopique ne montre plus d'interaction; les frontières entre les grains deviennent nettes et l'anisotropie du second constituant est la même que s'il avait été cokéfié seul.

2. *Analyse par rayons* X. — Cette étude a porté sur des cokes qui, après carbonisation normale à 1000°C ont été chauffés à plus haute température dans un four à résistance de carbone. Ces cokes, portés à 1900° C présentent dans l'analyse aux rayons X un « indice de graphitisation » (rapport x/l) qui peut varier considérablement de 3 à 50. Si l'on mélange deux cokes préparés séparément à 1900°C, on obtient pour le mélange une certaine valeur I de l'indice. Si l'on cokéfie ensemble en proportions correspondantes les deux

(1) B. Alpern et S. Durif, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2099.

charbons finement pulvérisés, le coke obtenu à 1 900° C donnera une valeur I′ significativement inférieure à I.

La graphitisation étant un phénomène d'organisation à très petite échelle (10-100 Å), la différence entre I et I′ traduit une *interaction* des deux charbons à cette même échelle. Nous n'en voyons qu'une explication : un mélange partiel par dissolution réciproque des deux charbons ou de leurs produits de carbonisation, suivi d'une réaction chimique.

Exemple : un flambant très peu fusible (Faulquemont) donne un x/l de 3,3; un gras A très fusible (Camphausen) un x/l de 29. Pour une proportion de 50 % des deux charbons, l'indice I est de 15 et l'indice I′ de 6 (à la granulométrie 0,05 mm). On constate en outre que :

a. l'interaction diminue quand la dimension des grains augmente, ce qui laisse supposer qu'il s'agit d'une action de surface ;

b. elle décroît fortement si, avant mélange, on chauffe le flambant vers 500° C.

3. *Autres techniques d'étude.* — L'examen des propriétés rhéologiques d'un mélange de charbons pendant la carbonisation permet également de mettre en évidence, dans certains cas, des phases mixtes d'autant plus apparentes que la granulométrie est plus fine. Nous utilisons aussi l'autoradiographie pour suivre la diffusion d'un charbon activé dans un charbon non activé. En effet, grâce à une irradiation par neutrons, les matières minérales réparties naturellement en petites quantités dans le charbon lui confèrent une activité convenable pour impressionner par contact une émulsion photographique.

Conclusion. — Ces interactions physico chimiques, qui s'exercent au voisinage des surfaces des grains, expliquent probablement en partie l'influence bien connue de la granulométrie des mélanges dans l'industrie de la carbonisation. Elles amènent à prévoir que l'action néfaste des flambants infusibles sur la qualité du coke dépendra plutôt de leur *surface* que de leur *masse*.

ÉLECTROCHIMIE. — *Mécanisme de l'attaque anodique du cuivre.*

Note (*) de M. **René Audubert**, présentée par M. Eugène Darmois.

La théorie cinétique de la surtension permet de préciser le mécanisme de la dissolution anodique du cuivre en milieu acide.

Un grand nombre de métaux utilisés comme anode dans l'électrolyse de solution d'acides forts passent finalement en solution (Cu, Ni, Fe, etc.). Le mécanisme de ces processus anodiques peut être très différent : c'est ainsi que l'anode peut passer directement en solution par perte électronique suivant : $M \rightarrow M^+ + \theta$, ou être le résultat de l'attaque du métal par un radical provenant

(*) Séance du 8 décembre 1954.

de la décharge d'un anion A^- conformément à



$$A^- + \theta \rightarrow A \qquad \text{et} \qquad A + M \rightarrow A^- + M^+.$$

La théorie cinétique de la surtension permet de préciser la nature du mécanisme intime du phénomène.

1° Dans le cas d'un métal monovalent, la théorie montre que l'intensité, I, du courant est liée au potentiel anodique, v par la relation

$$(1) \qquad I = K_1 S_M e^{-\frac{W_1 - \alpha \mathfrak{F} v}{RT}} - K_2[M^+] e^{-\frac{W_2 + \beta \mathfrak{F} v}{RT}} = i_\alpha - K_2[M^+] e^{-\frac{W_2 + \beta \mathfrak{F} v}{RT}} \quad (^1).$$

La cinétique de l'attaque

$$(2) \qquad [M^+] = \int_0^\infty \rho I \, dt$$

conduit, en confondant activité et concentration, à une fonction exponentielle du temps.

2° Si l'on considère maintenant l'attaque comme résultant d'une réaction secondaire, l'intensité du courant se rapporte à la décharge de l'anion, par suite :

$$(3) \qquad I = K_1[A^-] e^{-\frac{W_1 - \alpha \mathfrak{F} v}{RT}} - K_2[A] e^{-\frac{W_2 + \beta \mathfrak{F} v}{RT}}.$$

L'activité du radical formé à l'anode étant fonction de sa réaction sur l'électrode, on a donc

$$(4) \qquad \frac{d[A]}{dt} = I - K_3[A] S_M$$

mais comme $d[A]/dt = 0$, on obtient en définitive : $[A] = I/K_3 S_M$.

Dans ces conditions l'équation (3) donne

$$(5) \qquad I = \frac{K_1[A^-] e^{-\frac{W_1 - \alpha \mathfrak{F} v}{RT}}}{1 - \frac{K_2}{K_3 S_M} e^{-\frac{W_2 + \beta \mathfrak{F} v}{RT}}} = \frac{i_\alpha}{1 - \frac{K_2}{K_3 S_M} e^{-\frac{W_2 + \beta \mathfrak{F} v}{RT}}}.$$

La cinétique de l'attaque en fonction du temps est, à potentiel constant, proportionnelle au temps :

$$(6) \qquad [M^+] = \rho \frac{K_1[A^-] e^{-\frac{W_1 - \alpha \mathfrak{F} v}{RT}}}{1 - \frac{K_2}{K_3 S_M} e^{-\frac{W_2 + \beta \mathfrak{F} v}{RT}}} t.$$

Les relations (1) et (2) d'une part, (5) et (6) d'autre part, confrontées avec l'expérience permettent de préciser le mécanisme intime de l'attaque.

---

(1) K_1, K_2 représentent les constantes cinétiques, W_1, W_2, les énergies d'activations, α, β, les coefficients de transfert, S_M, une constante caractéristique de l'état de surface de l'anode et $[M^+]$ l'activité des ions métal.

Lorsqu'on établit la courbe de surtension anodique, déduite des données expérimentales, en portant en abscisses le potentiel de l'anode et en ordonnées le logarithme de l'intensité, on obtient pour les grandes surtensions en tenant compte de la diffusion, une droite qui correspond aux premiers termes des relations (1) ou (3) (i_α représente les valeurs de l'intensité dans ce domaine).

Considérons la portion incurvée obtenue pour les faibles surtensions et les différences entre les points de la droite prolongée, i_α, et les valeurs expérimentales de l'intensité, on doit obtenir une droite en portant en abscisses les surtensions et en ordonnées les valeurs de $\mathrm{Log}(i_\alpha - \mathrm{I})$ dans le cas de l'attaque directe ou celles de $\mathrm{Log}[(i_\alpha - \mathrm{I})/\mathrm{I}]$ dans le cas d'une réaction secondaire.

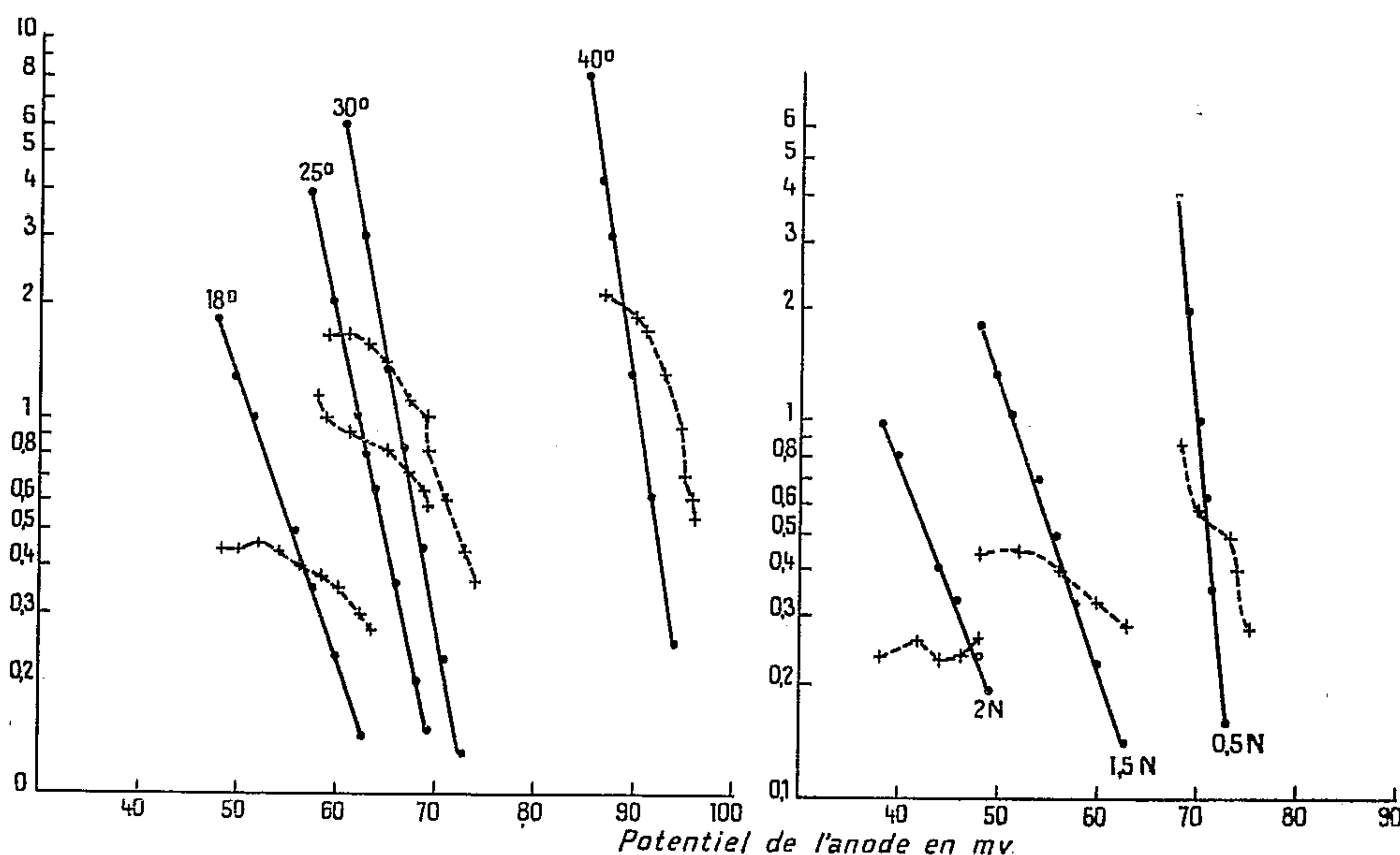


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Influence de la température :

SO_4H_2 1,5 N; SO_4Cu 0,2 N

· courbe $\log\frac{i_\alpha - \mathrm{I}}{\mathrm{I}}$, + courbe $\log(i_\alpha - \mathrm{I})$.

Fig. 2. — Influence de la concentration de SO_4H_2 :

SO_4Cu 0,2 N, température 18°

· courbe $\log\left(\frac{i_\alpha - \mathrm{I}}{\mathrm{I}}\right)$ + courbe $\log(i_\alpha - \mathrm{I})$

Les résultats des expériences de MM. Lameau et Dubois ([2]) sur l'attaque d'une anode de cuivre en milieu sulfurique, à plusieurs températures, à différentes concentrations en acide sulfurique (3N à 0,5N) et en sels neutres (2N à 0,2N) permettent de préciser la nature de la dissolution anodique.

([2]) J. Lameau, *Diplôme d'Études supérieures*, Faculté des Sciences de Paris, 1954; J. Dubois, *Diplôme d'Études supérieures*, Faculté des Sciences de Paris, 1954.

Ainsi que le montrent à titre d'exemples quelques-unes des courbes obtenues on voit que le mécanisme de l'attaque est le résultat d'une réaction secondaire. D'autre part, conformément à cette conclusion, on constate que la vitesse de la dissolution est proportionnelle au temps et à l'activité des ions $SO_4^=$.

ÉLECTROCHIMIE. — *Détermination de la valence des ions métalliques au cours du polissage électrolytique en présence d'ions* ClO_4^-. Note de

MM. **Philippe Brouillet, Israël Epelboin** et **Michel Froment**, présentée par M. Eugène Darmois.

On prouve, par un dosage gravimétrique, que l'application de la loi de Faraday permet de connaître la valence des ions métalliques au cours du polissage électrolytique en présence de ClO_4^-. Cette valence s'avère stable pour de nombreux métaux (Ag à Ga), mais ceux qui sont oxydables passent en solution avec une ou plusieurs valences dont certaines sont instables.

Lorsqu'on effectue le polissage électrolytique en présence d'ions ClO_4^- dans des solutions à base d'acide acétique ou d'alcool éthylique, il est possible d'éviter tout dégagement gazeux et toute attaque chimique de l'anode. Dans ces conditions, les ions quittent le métal pour passer directement en solution et le rendement de la dissolution anodique, évalué comme le rapport entre le poids p de métal dissous et celui calculé à partir de la loi de Faraday, est indépendant de la densité du courant d'électrolyse ([1]) et du pH de la solution. Les éventuelles réactions secondaires au voisinage de l'anode sont négligeables et l'on peut écrire que le nombre n d'électrons libérés au cours de la dissolution d'un atome de métal de poids atomique A est $n = AQ/pF$ (Q, quantité d'électricité ayant permis de dissoudre le poids p, F le Faraday).

Le tableau ci-dessous indique les valeurs de n que nous avons mesurées pour différents métaux et permet de les comparer aux valences usuelles.

Métal.	Valences usuelles.	n.	Métal.	Valences usuelles.	n.
Ag	1	1,0	Mo	3 à 6	3,0
Hg	1 et 2	1,0	Zr	2 à 4	2,0
Pb	2 et 4	2,0	Zn	2	1,4
Bi	3 et 5	3,0	U	3, 4, 6 et 8	1,4
Sn	2 et 4	2,0	Mn	2, 3, 4, 6 et 7	1,7
Ni	2	2,0	V	2 à 5	2,0
Co	2 et 3	2,0	Al	3	1,3
In	1, 2 et 3	1,0	Be	2	1,0
Cd	2	2,0	Ti	2 à 4	1,5
Fe	2 et 3	2,0	Mg	2	1,2
Ga	1, 2 et 3	1,0			

([1]) I. Epelboin et M. Froment, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 2416.

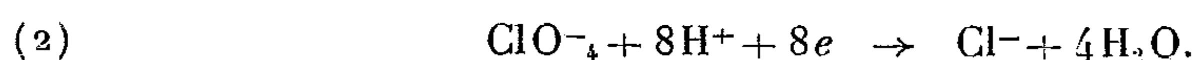
On peut voir que n est au plus égal à la valence usuelle la plus faible $v (n \leqq v)$ et, lorsque le métal est oxydable, n prend souvent une forme fractionnaire.

On pourrait expliquer $n < v$ par l'apparition, à la surface du métal, d'ions métalliques M^{m+} instables, de valence m inférieure à v, qui se réduiraient suivant :



(1) $$M^{m+} \rightarrow M^{v+} + (v - m)e.$$

De plus, si cette transformation se produisait dans un milieu riche en ClO_4^- et H^+, conditions réalisées dans la couche anhydre, les électrons libérés permettraient la réaction



(2) $$ClO_4^- + 8H^+ + 8e \rightarrow Cl^- + 4H_2O.$$

Si cela est exact, on doit déceler du chlore et un dosage gravimétrique effectué par addition de NO_3Ag et précipitation de ClAg permet de vérifier ces hypothèses et d'établir la valeur de m.

1. Avec Be, on trouve des ions chlore et un ion Cl^- correspond, après dosage et pesée du métal, à 8 atomes de métal dissous, ce qui pour $v = 2$, correspond à $m = 1$; l'ion Be passe donc en solution sous forme monovalente et devient divalent par la suite.

2. Lorsqu'on trouve pour n une valeur fractionnaire, l'interprétation est plus délicate car cela peut signifier que le métal quitte l'anode sous forme d'ions de valences différentes. Par exemple, certains travaux sur les halogénures ([2]) nous permettent de penser que l'aluminium ($n = 1,3$) passe en solution simultanément sous forme de Al^+ et Al^{3+}. Avec $n = 1,3$, on aurait en effet $Al \rightarrow x Al^+ + y Al^{3+} + 1,3e$ avec $x + y = 1$, c'est-à-dire 85 % des ions à l'état provisoirement monovalent.

Or, le dosage gravimétrique indique qu'un ion Cl correspond à $4 \times 0,85$ atomes d'aluminium dissous, ce qui vérifie (2) et la dernière équation pour $m = 1$, $v = 3$ et $n = 1,3$.

De même, en supposant que Mg et Zn passent en solution simultanément à l'état monovalent instable et à l'état divalent stable, on doit obtenir 3/40 de Cl^- pour 1 atome Zn et 1/10 de Cl^- pour 1 atome Mg. Les dosages confirment ces prévisions.

3. Pour beaucoup de métaux, on trouve $n = v$, ce qui semble indiquer que la valence acquise au cours de la dissolution correspond à une valeur usuelle. Lorsque l'analyse ne décèle pas l'apparition de Cl^-, on peut alors supposer que cette valence est stable dans les conditions de l'expérience. C'est le cas des onze premiers métaux du tableau.

4. Mais si, au contraire, on constate la présence de Cl^-, comme c'est le cas de Mo, Zr et V, on peut supposer que cette valence usuelle n'est pas stable dans nos conditions et que les ions se réduisent en libérant des électrons.

([2]) P. Gross, Congrès de l'aluminium, Paris, juin 1954.

5. Le cas de U, Mn et Ti est encore plus compliqué car la dissolution semble s'effectuer sous forme de plusieurs ions instables. Par exemple, si le titane passait en solution sous forme de Ti^{+} et Ti^{2+}, la valeur $n = 1,5$ entraînerait 1/16 de Cl^- par atome dissous de titane. Or, le dosage montre un excès de 1/4 de Cl que l'on peut expliquer par la transformation $Ti^{2+} \rightarrow Ti^{4+} + 2e$.

Remarque. — Les nombres indiqués pour les dosages sont systématiquement entachés d'une erreur comprise entre 0 et — 3 % ; cet écart peut être partiellement dû à une perte de Cl^- au cours de différentes opérations.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Caractères généraux de la transformation $\alpha \rightleftharpoons \sigma$ des alliages fer-chrome.* Note de MM. PAUL BASTIEN et GILLES POMEY, présentée par M. Albert Portevin.

L'étude des alliages Fe-Cr voisins de 50 % en atomes, qui se transforment totalement en phase σ, montre que cette réaction est du type général avec germination et croissance, mais qu'elle présente des caractères particuliers : faible germination, croissance très importante. Pour identifier micrographiquement les deux phases on a utilisé la différence des duretés et la fragilité de σ.

Nous avons préparé des alliages binaires fer-chrome de grande pureté et de compositions voisines de 50 % en atomes. Ces alliages, obtenus à l'état α cubique centré par refroidissement relativement rapide à partir d'une température élevée, se transforment totalement en phase σ quadratique par maintien prolongé à des températures inférieures à 800° C. La vitesse de transformation décroît rapidement avec la température et elle n'est plus perceptible en dessous de 550° C environ.

La première propriété, que nous avons mise en évidence par une étude macrographique, est que la transformation dans le sens $\alpha \rightarrow \sigma$ s'effectue à partir d'un nombre très faible de germes. La figure 1 montre l'aspect caractéristique d'un échantillon à 46 % at. de chrome en cours de transformation après 2 h à 750° C : on peut y compter 100 germes σ pour 10 000 grains α environ (la transformation sera toujours aléatoire).

La seconde propriété, qui découle de la première, est que la germination se développe peu avec le temps de maintien et que la transformation progresse principalement par croissance des grains σ.

Cependant, par un écrouissage à froid important avant le traitement isotherme, nous avons augmenté, par la multiplication des germes σ au début du maintien, dans des proportions considérables, la vitesse de transformation $\alpha \rightarrow \sigma$. Nous avons bien une transformation par germination et croissance.

Troisièmement, pour ces alliages se transformant totalement en phase σ, de même composition que la phase α initiale, nous avons constaté que la transformation s'effectue sans diffusion globale notable des éléments. Nous

l'avons vérifié directement en étudiant à la microsonde électronique de Castaing des échantillons d'alliages fer-chrome en cours de transformation. Nous avons vu que, d'une part, les grains α et les grains σ avaient la même teneur moyenne en chrome et, d'autre part, qu'il n'y avait pas de variation locale de cette teneur au voisinage ou au passage du joint de séparation des phases α et σ.

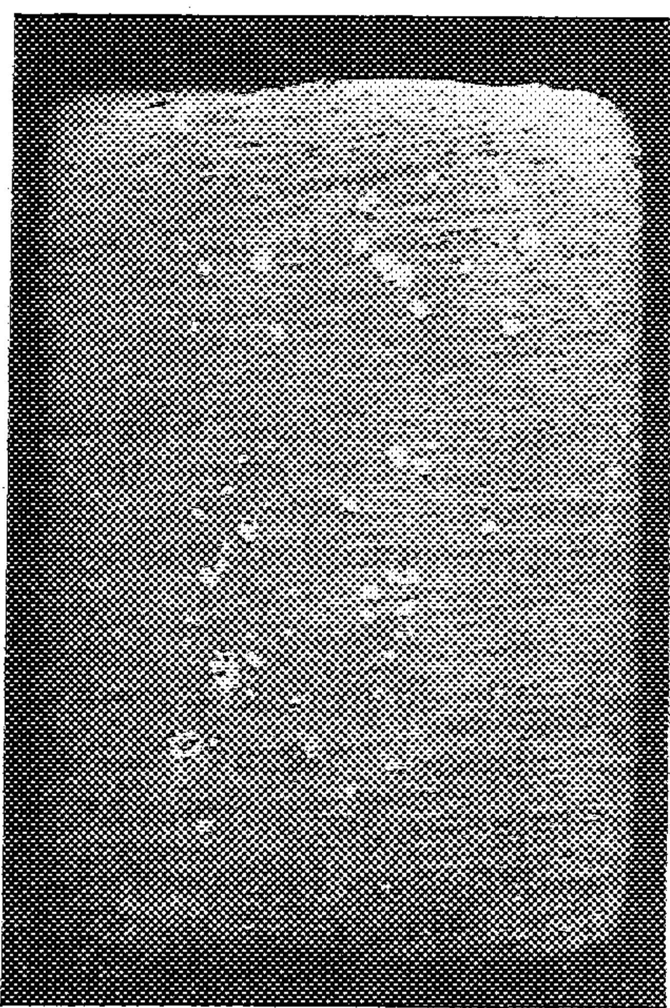


Fig. 1.



Fig. 2.

Cette propriété indique qu'il sera difficile de distinguer les deux phases dans ces alliages par voie micrographique : les deux états ayant même composition et mêmes propriétés chimiques (bonne résistance aux agents chimiques et à l'oxydation). Nous avons alors employé avec succès pour les distinguer les différences de propriétés physiques : dureté et fragilité.

Dans ces alliages, la phase σ est beaucoup plus dure ($\Delta_\sigma \geq 800$ Vickers) que la phase α qui lui donne naissance ($\Delta_\alpha = 240$ Vickers). Ceci permet de mettre σ en évidence :

a. par simple polissage mécanique au papier émeri (*fig*. 1);

b. par polissage en bas-relief à l'alumine;

c. par microdureté après polissage électrolytique. La dimension des empreintes permet de distinguer les grains σ et de suivre leur contour.

La transformation $\alpha \rightarrow \sigma$ qui s'effectue avec diminution de volume spécifique, donne un petit nombre de gros grains durs, fragiles et en extension, ce qui provoque en fin de transformation ou au cours d'un refroidissement rapide

l'apparition de fissures dans les grains σ, s'arrêtant au joint $\alpha - \sigma$. Ceci permet de reconnaître rapidement les grains σ dans la matrice α (*fig.* 2), mais constitue une cause d'erreur dans les mesures, particulièrement en dilatométrie.

PHYSIQUE DES MÉTAUX. — *Sur un type de sous-structure en spirales dans un laiton β-γ à l'aluminium.* Note de M. PIERRE A. JACQUET, présentée par M. Pierre Chevenard.

Le polissage électrolytique d'un laiton β à gros grains contenant 3,99 % d'aluminium, coulé puis revenu, met en évidence, outre la précipitation de phase γ, des figures très comparables à celles trouvées sur les faces de croissance de divers cristaux minéraux, en particulier des spirales.

L'alliage, préparé par M. le Professeur A. R. Bailey, titre 62,59 % Cu, 33,42 % Zn et 3,99 Al ([1]). L'échantillon étudié, prélevé dans un petit lingot coulé au sable, a été traité 27 h à 550° C, refroidi au four jusqu'à 400° C et trempé à l'eau. Préalablement à ce revenu, la face sur laquelle porte l'examen avait subi un notable écrouissage lors du découpage à la scie.

Après un polissage électrolytique de 30 mn (dissolution 30 à 40 μ) la microstructure comporte des aiguilles de phase γ dans la matrice β. Cette précipitation est plus abondante sur des bandes parallèles aux stries de découpage, ce qui prouve que la décomposition s'est trouvée favorisée par l'écrouissage.

En poursuivant les examens dans l'épaisseur de l'échantillon la précipitation massive tend à disparaître. Les aiguilles font place d'abord à des stries orientées, puis à de très fines particules distribuées apparemment au hasard, mais parfois alignées sur de courtes distances. Ce précipité fait généralement défaut autour des frontières de grains sur lesquelles existe un film continu de γ qui doit jouer, comme nous le montrerons ailleurs, un rôle fondamental dans la fragilité intergranulaire de ce type d'alliage. A l'intérieur des grains certaines portions de superficie limitée sont également privées de précipitation. Enfin la plupart des grains β contiennent un petit nombre de sous-joints correspondant, comme le prouvent les rayons X, à une polygonisation qui avait d'ailleurs été déjà observée dans le même laiton trempé à 800° C ([2]).

A partir du moment où la dissolution électrolytique a retiré environ 0,1 mm sous la surface initiale la phase γ en stries devient très rare. Le fait nouveau, c'est qu'il apparaît sur la quasi-totalité des plages sans précipité ponctuel une microstructure qui, à notre connaissance n'a jamais été décrite dans un métal ou un alliage. Il s'agit de segments assez courts et très étroits sensiblement rectilignes ou ondulés, isolés ou plus ou moins entrelacés, et se terminant

([1]) Alliage décrit sous le n° 4 dans A. R. BAILEY, S. MORRIS et A. J. K. WIESIOLEK, *Metal Industry*, 18 décembre 1953, p. 497.

([2]) P. A. JACQUET et A. R. WEILL, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1384.

presque toujours par un élément ponctuel qui n'a pas l'aspect habituel du précipité. La figure 1 en donne un exemple autour d'un sous-joint. Parfois, des traces de même caractère forment une spirale parfaite dont le centre est marqué par

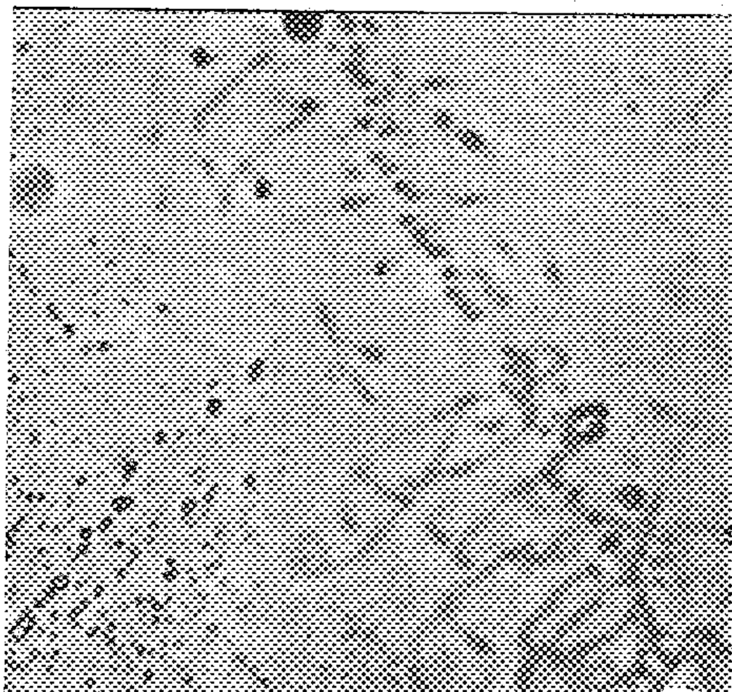


Fig. 1.

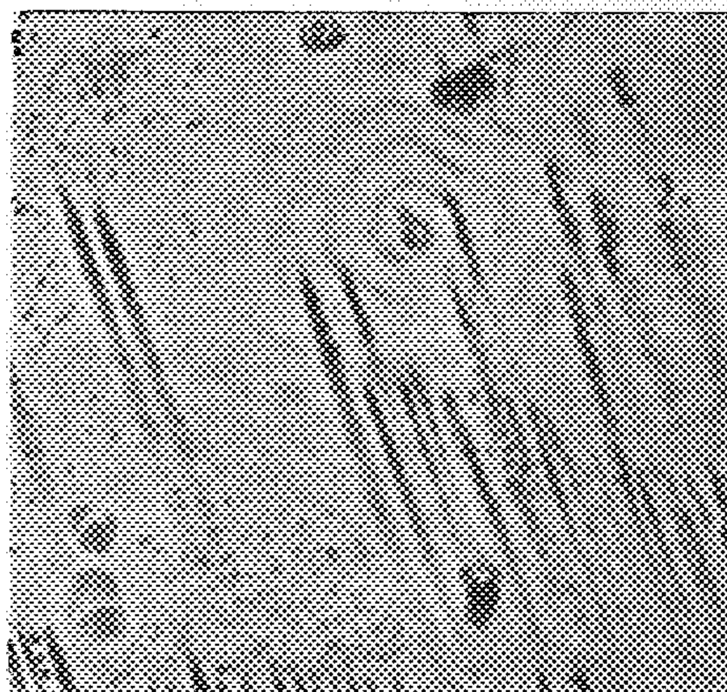


Fig. 2.

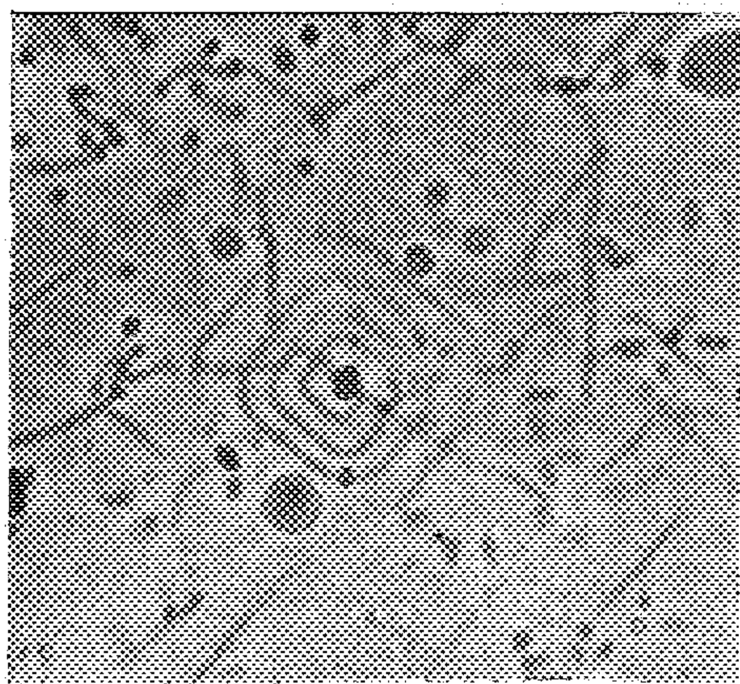


Fig. 3.

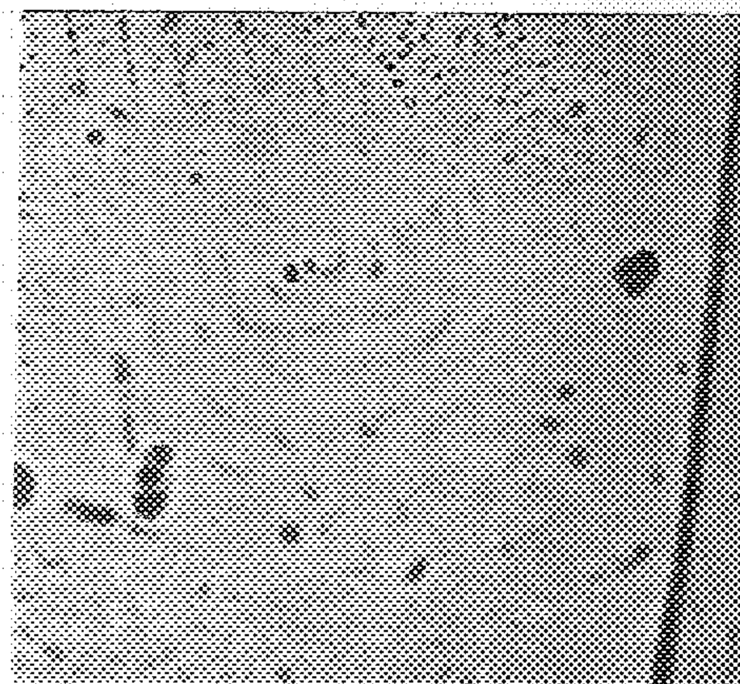


Fig. 4.

Fig. 1 : (G = 1000). — Fig. 2 : (G = 1000). — Fig. 3 : (G = 720). — Fig. 4 : (G = 800).

une micropiqûre (*fig.* 2) ou par une micro-inclusion (*fig.* 3). La figure 2 présente un intérêt particulier du fait de l'existence simultanée d'une spirale et de stries de phase γ. Une relation entre la direction de ces stries et la géométrie de la spirale est évidente, ce qui prouve que celle-ci est orientée par rapport au réseau cristallographique du grain β.

Enfin la figure 4 montre un cas de spirale incomplète près d'un joint intergranulaire.

On est frappé de la ressemblance flagrante entre ces aspects et ceux des figures de croissance (Spirales de Frank) observées sur les faces naturelles de

divers cristaux minéraux ([3]). D'autre part les méthodes interférentielles de Nomarski ([4]) indiquent :

1° que toutes les spirales sont à peu près planes ou très légèrement convexes ;

2° que chaque spire est bordée d'un fossé de profondeur comprise entre 100 et 250 Å ;

3° que le centre peut être soit un trou hémisphérique parfaitement poli profond de 0,12 μ, soit un trou avec une protubérance centrale occupée par une micro-inclusion.

On serait donc en présence d'un type de figure encore inconnu pour les alliages, et sans aucun doute en relation avec les dislocations du réseau. Il reste à préciser sa genèse et la raison pour laquelle il apparaît par simple polissage.

PHYSIQUE DES MÉTAUX. — *Sur l'interprétation des sous-structures en spirales observées dans un laiton β-γ à l'aluminium.* Note de Mme **Adrienne R. Weill** et M. **Pierre A. Jacquet**, présentée par M. Pierre Chévenard.

Les spirales observées dans le laiton β résultent, ainsi que d'autres marques, d'une précipitation obéissant à un mécanisme imposé par le rassemblement des atomes de soluté et des dislocations. Il s'agirait donc des spirales et boucles de Frank et Read formées au sein même de l'alliage au cours du traitement thermique.

Dans une Note précédente ([1]) l'un de nous a décrit une sous-structure en spirale apparaissant parmi d'autres dans un laiton β traité contenant 3,99 % d'aluminium.

Malgré les difficultés expérimentales, le dispositif à deux ondes en lumière polarisée de Nomarski permet de décrire la spirale comme une pyramide légèrement convexe dont le sommet est un cratère parfois obturé par une inclusion.

Les observations micrographiques sur l'alliage autorisent la distinction de deux zones où la morphologie des précipités est nettement différente : en surface la phase γ précipite en aiguilles parallèles; à plus de 0,1 mm de profondeur on reconnaît des cavités, des réseaux plus ou moins fermés, des sillons quasiment parallèles, des boucles et des spirales ([1]). Dans les plages où apparaissent ces figures, il n'y a aucune marque de précipité en points discontinus, alors que ce mode est généralisé ailleurs, et en particulier dessine certains sous-joints de polygonisation, d'autres ayant une configuration plus complexe.

La figure 2 ([1]) se situe précisément à la limite des deux zones précédemment

([3]) *Voir* par exemple : A. J. Forty, *Advances in Physics*, 3, janvier 1954, p. 1.

([4]) G. Nomarski et Mme A. R. Weill, *Bull. Soc. Franç. Min. Crist.*, 77, 1954, p. 840 ; *Revue Métallurgie* (sous presse).

([1]) P. A. Jacquet, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1799.

décrites : la spirale est sous-jacente aux précipités en stries, puisque ceux-ci, parallèles aux diagonales des boucles de la spirale, ne font pas dévier les spires, au contraire d'une inclusion à l'extérieur du contour. Les marques discontinues de précipité sont totalement absentes des paliers de la spirale et réapparaissent en prolongement plus ou moins fidèle des spires, comme dans les plages dépourvues de spirales ou de marques d'aspect continu.

En général, les figures formées par ces marques sont nettement apparentées à celles qui ont été récemment interprétées à partir des mouvements de dislocation dans les réseaux cristallins, sous le double effet des déformations mécaniques et de la diffusion. En particulier, les entrelacs de segments [*fig.* 1, ([1])], ou d'autres plus serrés encore, sont de même nature que ceux qui ont été mis en évidence dans le bromure d'argent ([2]). Toutefois, en ce qui concerne le laiton, il est probable que les traces continues sont en fait la marque d'un fossé, la phase γ précipitée étant dissoute par l'électrolyse plus rapidement que la matrice, ou phase β.

Les boucles des spirales sont aussi parfois barrées par une brisure issue du centre, comme dans les cas où un glissement se produit sur une figure de croissance ([3]). Enfin on a trouvé deux spirales simples de sens contraire situées de part et d'autre d'un sous-joint de polygonisation : la désorientation de leurs branches rectilignes est d'environ 1°, cette valeur correspond, comme ordre de grandeur, à celle fournie par l'examen aux rayons X, ce qui confirme leur caractère cristallographique malgré leurs grandes dimensions : environ 3 microns entre spires voisines.

On peut donc envisager que dans la zone superficielle où l'écrouissage est le plus fort la diffusion serait très rapide, d'où la formation de précipités en aiguilles, alignés sur les plans de glissement. En profondeur la déformation est plus faible et la diffusion se produit principalement par les canaux de dislocation.

Cette hypothèse permettrait d'esquisser le mécanisme par lequel se formeraient les figures observées. Des migrations d'atomes de soluté résultent des ségrégations de lacunes, et en contrepartie, des germes de phase γ. La croissance de ce précipité obéirait aux lois commandant les mouvements des dislocations. Ainsi les réseaux plus ou moins fermés seraient la représentation de parcours limités par des nœuds de dislocations ou d'autres obstacles [*fig.* 1 ([1])], les spirales simples naîtraient à partir d'un seul centre actif [*fig.* 1 et 2 ([1])], tandis que les boucles [*fig.* 4 ([1])], ou certains contours fermés, seraient dus à l'action de plusieurs centres très voisins. Des circonstances physico-chimiques très particulières permettraient l'observation des réseaux et spirales décrits

---

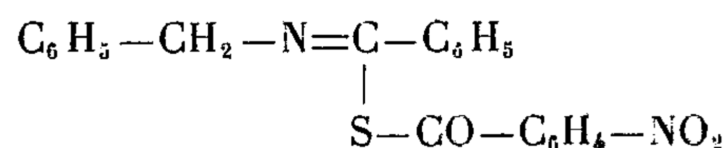
([2]) J. M. Hedges et J. N. Mitchell, *Phil. Mag.*, 223, 1953, p. 357.
([3]) A. J. Forty, *Advances in Physics*, 3, (9), 1954, p. 1.

notamment par Mott [4], Frank et Read [5] et Seitz [6] [*fig.* 5 et 6 [6]] pour préciser les arrangements ou les multiplications des dislocations.

Le même laiton pareillement traité fournit encore de nombreuses preuves du caractère cristallographique des figures observées et de leur correspondance avec les schémas proposés depuis quelques mois, à partir de considérations théoriques, par les physiciens des métaux. On se propose de réunir l'ensemble des résultats acquis dans une publication détaillée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Produits cristallisés d'addition et identification éventuelle de composés non polaires*. Note (*) de M. **Roger Boudet**, transmise par M. Marcel Delépine.

L'action du chlorure de *p*-nitrobenzoyle sur le dérivé sodé du N-benzyl benzthiamide : C_6H_5—CS—NH—CH_2—C_6H_5 conduit à un imino thio ester jusqu'alors inconnu : la (N-benzyl) nitro-4 benzoyl-thio (phényl) méthanimine [1] : $C_{21}H_{16}O_3N_2S$:



Le mode opératoire est conforme à celui déjà décrit en détail dans un précédent mémoire [2] : on agite, à température modérée, le dérivé métallique au sein d'une solution du chlorure d'acide dans le *p*-xylène. L'évaporation du solvant, une fois la réaction terminée, provoque la précipitation de fines aiguilles jaune d'or, produit d'addition, molécule à molécule, de l'imino thio ester et du *p*-xylène. L'alcool absolu dissocie, à chaud, ce solide en ses constituants et laisse à froid précipiter l'imino thio ester libre.

Ce dernier qu'on obtient ainsi avec un rendement de 70 % cristallise en paillettes rouge orangé. $F_{c. rr}$ = 104-104°,5. Un dosage de soufre en confirme la pureté : S % trouvé : 8,48; théor. : 8,51.

Sa nature chimique est, d'autre part, confirmée par des propriétés en

(4) N. F. Mott, *Proc. Roy. Soc.* A; 220, 1953, p. 1; *Nature*, 174, 1954, p. 377.

(5) F. C. Frank et W. T. Read, *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 722.

(6) F. Seitz, *Advances in Physics*, 1, 1952, p. 43.

(*) Séance du 8 décembre 1954.

(1) Nous avons nommé ce composé en le faisant dériver de la méthanimine, suivant un mode de nomenclature couramment adopté pour les imino éthers.

(2) R. Boudet, *Bull. Soc. Chim.*, 18, 1951, p. 377.

tous points comparables à celles déjà observées sur des composés similaires. Son hydrolyse, par exemple, est extrêmement aisée : elle a lieu sous l'action des agents les plus divers, régénère le thiamide de départ et fournit de l'acide *p*-nitrobenzoïque. Cette sensibilité aux milieux aqueux est du reste regrettable, en ce sens qu'elle interdit toute réduction du groupement nitro en radical amino par les moyens habituellement propres à provoquer une telle transformation.

La propriété la plus intéressante, comme la plus inattendue, de notre composé est la facilité avec laquelle il peut donner des complexes cristallisés d'addition moléculaire avec des substances liquides très variées, généralement à polarité nulle ou très faible. Nous avons pu en obtenir notamment avec des alcanes, des cyclanes, des carbures aromatiques, des halogénures, des éthers-oxydes, des esters. Ils se forment par simple dissolution à chaud de l'imino thio ester dans le composé choisi, suivie du refroidissement de la liqueur obtenue et apparaissent sous forme de solides jaunes d'aspect fréquemment feutré.

La *composition moléculaire* de telles combinaisons varie de l'une à l'autre. Nous avons cherché à évaluer le nombre de molécules du produit sulfuré liées à chaque molécule du liquide complexé. Nous l'avons toujours trouvé au moins égal à l'unité; il est de 1 pour le *p*-xylène mais atteint fréquemment 4 ou 5 dans d'autres cas.

La *stabilité* de ces complexes est, à froid, relativement grande : le composé d'addition au *p*-xylène se conserve inaltéré, même sous vide, durant plusieurs semaines. A chaud s'observe une dissociation progressive dont l'importance dépend essentiellement de la température atteinte et du composé soumis à chauffage. La plupart libèrent lentement leurs constituants vers 100° sous vide et leur point de fusion ne peut être connu que par détermination instantanée.

Lorsque ce point de fusion est suffisamment net — condition évidemment liée à une stabilité notable du complexe, à la chaleur — il peut servir à caractériser la substance liée à l'imino thio ester. Une telle identification est particulièrement avantageuse dans la mesure où elle s'avère difficile par toute autre voie, comme c'est le cas, entre autres, pour les alcanes et les cyclanes.

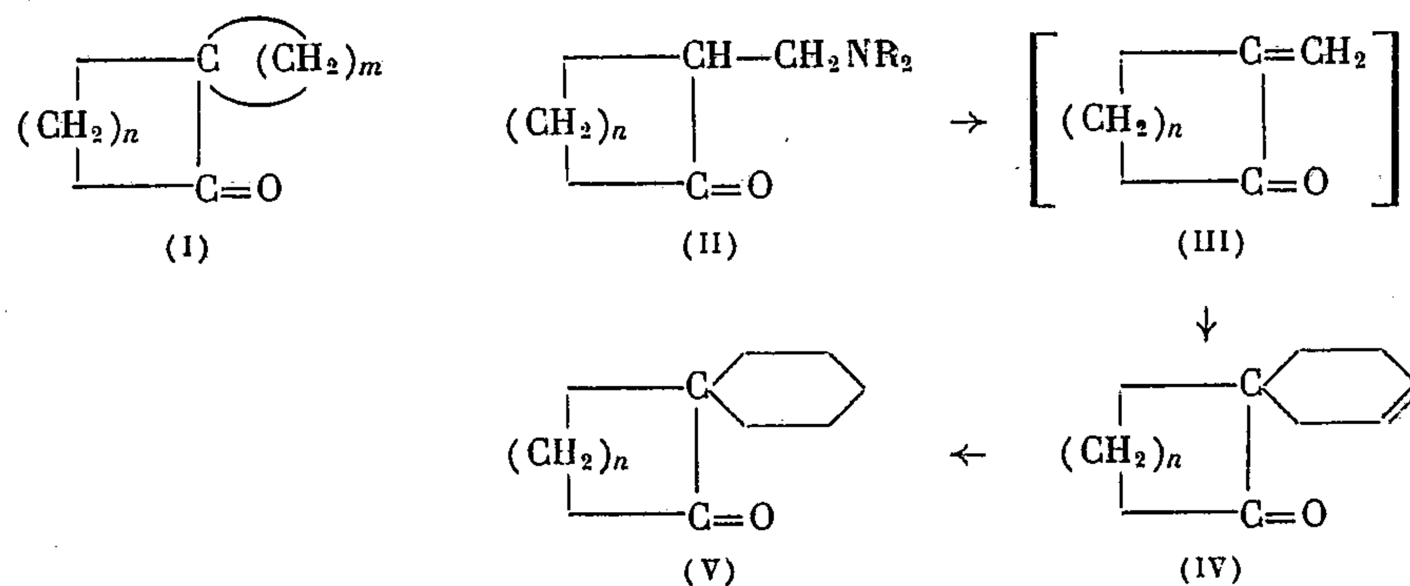
Nous précisons ci-dessous, à titre d'exemples, par températures croissantes, les points de fusion (instantanés Maquenne) des différents complexes donnés par les liquides suivants : *p*-xylène : 66°; chloroforme : 83°; *m*-xylène : 85°; chloro-1 butane : 85°; acétate d'éthyle : 87°; cis dichlor-1.2 éthène : 88°; tétrachlorure de carbone : 90°; *n*-hexane : 92°, dioxanne : 93°; cyclohexane : 95°; *n*-octane : 96°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Deux nouvelles méthodes de synthèse de cétones alicycliques à structure spiro.* Note de MM. **Max Mousseron**, **Robert Jacquier** et **Henri Christol**, présentée par M. Marcel Delépine.

La synthèse de cyclanones possédant en α du carbonyle un cycle spiro a été réalisée : 1° par condensation du butadiène et des bases de Mannich des cyclanones; 2° par dialcoylation de cyclanones au moyen de dibromoalcanes.

Quelques cétones alicycliques de structure générale (I) sont déjà décrites ([1]), ([2]), ([3]), ([4]), ([5]), ([6]), mais ne sont guère abordables, à l'exception de la tétraméthylène-2.2 cyclohexanone [(I), $n = 4$, $m = 4$]. Nous avons réalisé la synthèse de spirocétones (I) au moyen de deux nouvelles méthodes présentant un certain caractère de généralité.

1° *Synthèse diénique.* — En vue de préparer les cétones (IV), on pouvait envisager une réaction de Diels-Alder entre le butadiène et les méthylène-2 cyclanones (III), mais ces dernières sont d'un isolement difficile et se polymérisent rapidement. Or, les bases de Mannich sont utilisables en tant que source de cétones α-éthyléniques et peuvent par exemple être directement condensées avec des substances susceptibles de donner des réactions d'addition 1.4.



Nous avons ainsi été amenés à réaliser des réactions de Diels-Alder entre le butadiène et les bases de Mannich des cyclanones (II). Cette application entièrement nouvelle de la synthèse diénique nous a permis d'isoler en une

([1]) Godchot et Mlle Cauquil, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 767.

([2]) Qudrat-I-Khuda et Ray, *Chem. Abstr.*, 34, 1940, p. 2338; Zelinsky et Elagina, *Chem. Abstr.*, 40, 1946, p. 6058.

([3]) Walter, *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 5185.

([4]) Vogel, *Chem. Ber.*, 85, 1952, p. 25.

([5]) Tinker, *J. Org. Chem.*, 16, 1951, p. 1417.

([6]) Cram et Seinberg, *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 2753.

étape et avec d'excellents rendements les spirocétones (IV); ces dernières, par hydrogénation catalytique, conduisent ensuite quantitativement aux cétones saturées (V).

Par chauffage en tube scellé 7 h à 150° de la N-diméthylaminométhyl-2 cyclohexanone (7) avec un excès de butadiène en solution toluénique, on isole la spirocétone (IV, $n = 4$) (Rdt 60 %) $É_{16}$ 122-125°, dinitro-2.4 phénylhydrazone (DNP) F 107-108° (N % trouvé 16,32); l'hydrogénation en présence de nickel Raney sous 10 kg à la température ambiante conduit à la pentaméthylène-2.2 cyclohexanone (V, $n = 4$) $É_{17}$ 120°, DNP F 123-124° (N % trouvé 16,19).

Dans les mêmes conditions, la N-morpholinométhyl-2 cyclopentanone (8) donne la cétone (IV, $n = 3$) (Rdt 75 %) $É_{16}$ 103-106°, DNP F 150-151° (N % trouvé 17,06) hydrogénée en pentaméthylène-2.2 cyclopentanone (V, $n = 3$) $É_{18}$ 105°, DNP F 178-179°, semicarbazone F 246-248° déc., oxime F 92-93° [*cf.* (5)].

Nous avons de même préparé la N-diméthylaminométhyl-2 cycloheptanone $É_{20}$ 115°, picrate F 139-140° (N % trouvé 14,11), qui condensée avec le butadiène fournit la spirocétone (IV, $n = 5$) (Rdt 70 %) $É_{15}$ 132-135°, DNP F 97-98° (N % trouvé 15,65); cette dernière est hydrogénée en pentaméthylène-2.2 cycloheptanone (V, $n = 5$) $É_{18}$ 133-135°, DNP F 114° (N % trouvé 15,60), semicarbazone F 208-209° (2), (3).

2° *Dialcoylation par les dibromoalcanes.* — La dialcoylation de cétones par les dibromoalcanes n'avait pas encore été tentée; 0,1 mole de cyclohexanone et 0,1 mole de dibromo-1.4 butane sont ajoutés à 0,25 mole de *t*-butylate de potassium en suspension dans 150 cm³ de benzène anhydre; après 5 h d'ébullition à reflux, on isole la tétraméthylène-2.2 cyclohexanone (Rdt 80 %) $É_{18}$ 104°, DNP F 116-117° (2). Avec le dibromo-1.5 pentane, un mode opératoire identique conduit à la pentaméthylène-2.2 cyclohexanone (Rdt 60 %).

La dialcoylation de la cycloheptanone par le dibromo-1.4 butane fournit après 20 heures de reflux la tétraméthylène-2.2 cycloheptanone (Rdt 30 %), $É_{15}$ 116°, DNP F 97-98° (N % trouvé 16,15).

Cette méthode n'est cependant pas applicable à la cyclopentanone, dont la vitesse d'autocondensation est trop élevée dans les conditions utilisées (9).

L'alcoylation de l'α-tétralone par le dibromo-1.4 butane conduit à la tétraméthylène-2.2 tétralone-1 (Rdt 80 %) $É_{0,5}$ 127-130°, DNP F 159-160° (N % trouvé 14,80), oxime F 101-102°, dont la synthèse par la méthode classique nécessite six étapes (10). Avec le dibromo-1.5 pentane, on isole la pentamé-

(7) Frank et Pierle, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 727.

(8) Harradence et Lions, *Chem. Abstr.*, 33, 1939, p. 5855.

(9) Conia, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 533 et 537.

(10) Marvel et Geiszler, *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 1259.

thylène-2.2 tétralone-1 (Rdt 80 %) $É_{0,5}$ 140-143°, oxime F 160-161° (N % trouvé 6,16).

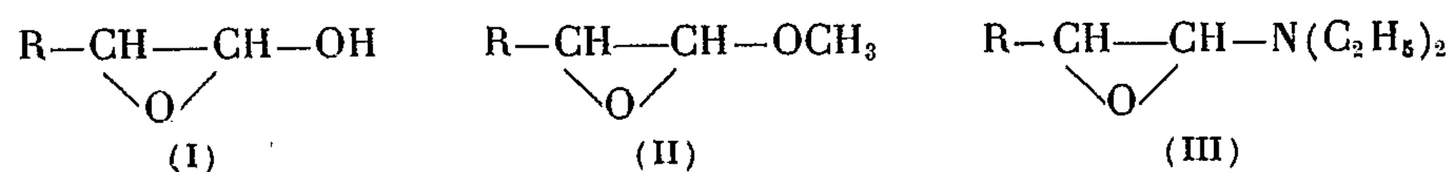
Dans le cas de la β-tétralone, l'alcoylation par le dibromo-1.4 butane et le dibromo-1.5 pentane est réalisée en présence d'hydrure de sodium [*cf.* (11)]; on obtient ainsi respectivement la tétraméthylène-1.1 tétralone-2 (Rdt 70 %) $É_{0,5}$ 129-130°, DNP F 122-123° (N % trouvé 14,90) et la pentaméthylène-1.1 tétralone-2 (Rdt 60 %) $É_{0,5}$ 142-144°, DNP F 143-144° (N % trouvé 14,32), non encore décrites.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Études sur les aldéhydes halogénés. Action des amines.* Note de MM. **Albert Kirrmann** et **Robert Muths**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les amines agissent sur les aldéhydes halogénés en formant effectivement des amino aldéhydes. Ceux-ci conduisent, par les magnésiens, à des amino alcools.

Dans une précédente publication (1), nous avons décrit quelques produits obtenus par l'action des amines secondaires sur les aldéhydes α-halogénés, et nous avons été amenés à contester la structure d'aminoaldéhydes de ces corps. Nous devons aujourd'hui revenir sur cette conclusion et rétablir la formule aldéhydique. Une confusion accidentelle de produits, rendue possible par des concordances fortuites dans les constantes physiques de quelques substances, avait provoqué une erreur expérimentale, que des données précises relatives au mécanisme de réactions très analogues avaient paru consolider.

Nous avons rendu probable (2), (3), dans l'hydrolyse alcaline, l'intervention d'un époxyde hydroxylé (I). Stevens a admis (4), dans l'alcoolyse alcaline, le mécanisme proposé par nous et a effectivement isolé un époxyde méthoxylé (II). Par analogie, il est naturel de penser aux époxydes aminés (III), dont l'existence nous avait semblé étayée par des anomalies de propriétés des composés obtenus.



Certaines de ces anomalies étaient réelles. De nouveaux essais ont confirmé

---

(11) Soffer, Stewart, Cavagnol, Gellerson et Bowler, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 3708.

(1) Kirrmann et Muths, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 906.

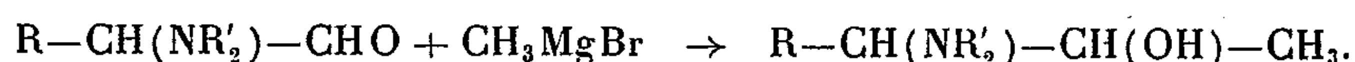
(2) Kirrmann et Chancel, *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. 712.

(3) Kirmann et Krattiger, *Bull. Soc. Chim.*, 1953, p. 226.

(4) Stevens, Farkas et Gillis, *J. Amer. Chem. Soc.*, 79, 1954, p. 2695.

l'observation que les réactifs classiques des aldéhydes ne permettent pas l'obtention de dérivés cristallisés. La formation, par oxydation alcaline, d'hydroxyacides à la place des aminoacides attendus a été étendue à l'oxydation en milieu acide. Kögl ([5]) avait remarqué des anomalies analogues dans un autre aminoaldéhyde.

Mais, contrairement à notre indication erronée, ces aminoaldéhydes réagissent sur les magnésiens et forment des aminoalcools.



$$R-CH(NR'_2)-CHO + CH_3MgBr \rightarrow R-CH(NR'_2)-CH(OH)-CH_3.$$

Voici les aminoalcools de ce type que nous avons obtenus :

Diéthylamino-3 pentanol-2, É$_{13}$ 67-68°; d_{18} 0,8540; n_{18} 1,4345; dérivé acétylé É$_{13}$ 77-78°; d_{20} 0,8870; n_{20} 1,4340.

Pipéridino-3 pentanol-2, É$_{14}$ 95-96°; d_{19} 0,912; n_{19} 1,4590; chlorhydrate F 164-165°; dérivé acétylé É$_{13}$ 105-107°; d_{18} 0,9535; n_{18} 1,4562; chlorhydrate acétylé F 169°.

Méthyl-2 diéthylamino-2 butanol-3, É$_{13}$ 76-77° d_{21} 0,8735 n_{21} 1,4402; chlorhydrate F 161°; chlorhydrate benzoylé F 225°; dérivé acétylé É$_{13}$ 92°; d_{20} 0,9092; n_{20} 1,4360.

Diéthylamino-3 octanol-4, É$_{14}$ 112°; d_{16} 0,8560; n_{16} 1,4410; dérivé acétylé É$_{13}$ 124-126°; d_{20} 0,8933; n_{20} 1,4460.

Diéthylamino-3 octanol-2 É$_{13}$ 112-113°; d_{18} 0,8551; n_{18} 1,4392; dérivé acétylé É$_{13}$ 122-124°; d_{20} 0,8821; n_{20} 1,4395.

La structure des aldéhydes a été confirmée par une autre voie. Les acétals halogénés permettent d'obtenir des aminoacétals par action de la pipéridine. Leur formation est beaucoup plus lente que la réaction analogue avec les aldéhydes libres.

Diéthylacétal α-pipéridino butyrique, É$_{13}$ 112-115°; d_{19} 0,9159; n_{19} 1,4495.

Diéthylacétal α-pipéridino oenanthylique, E$_{12}$ 139-141°; d_{17} 0,9081; n_{17} 1,4538.

L'hydrolyse de ces acétals nous a fourni des aminoaldéhydes, identifiés avec les produits obtenus directement par leurs constantes physiques et par leurs dérivés cristallisés (chlorhydrate, picrate).

Enfin la fonction aldéhyde se manifeste normalement par ses propriétés physico-chimiques. L'absorption ultraviolette présente une bande large voisine de 2950 Å, avec un coefficient d'absorption moléculaire d'environ 30. L'étude polarographique fournit une onde caractéristique en milieu tamponné alcalin. Son potentiel de demi-onde est voisin de — 1,70 V/SCE.

Ainsi la formule normale indiquée primitivement ([6]) par l'un de nous paraît

([5]) *Ann. Chem.*, 552, 1942, p. 1.

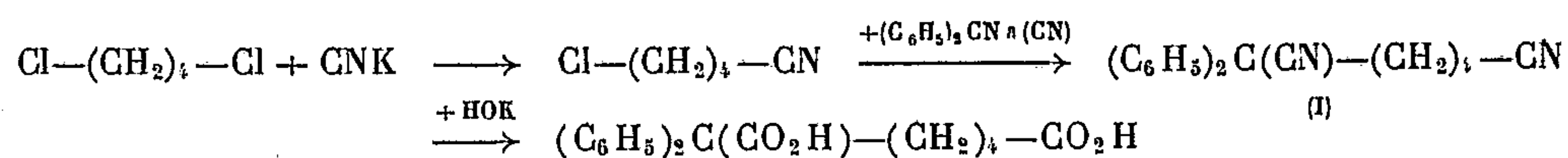
([6]) Kirrmann, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 701.

définitivement confirmée. Mais le problème du mécanisme de réaction reste entier. Il ne se réduit certainement pas à un simple échange halogène-azote, comme dans le cas de l'acétal.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des acides α.α-diphénylpimélique et α.α-diphényladipique*. Note de M. **François Salmon-Legagneur** et Mme **Cécile Neveu**, présentée par M. Marcel Delépine.

La présente Note a pour but d'indiquer les améliorations apportées aux préparations des acides α.α-diphénylpimélique et α.α-diphényladipique qui ont fait l'objet de deux Notes précédentes (1), (2), et de donner quelques précisions sur de nouveaux dérivés de ces deux diacides.

1° Il nous a paru beaucoup plus pratique pour préparer l'acide α.α-diphénylpimélique d'effectuer une action ménagée de CNK sur le dichloro-1.4 butane, suivie d'une condensation du produit obtenu sur le diphénylacétonitrile sodé par $NaNH_2$ d'après


$$Cl{-}(CH_2)_4{-}Cl + CNK \longrightarrow Cl{-}(CH_2)_4{-}CN \xrightarrow{+(C_6H_5)_2CNa(CN)} \underset{(I)}{(C_6H_5)_2C(CN){-}(CH_2)_4{-}CN} \xrightarrow{+HOK} (C_6H_5)_2C(CO_2H){-}(CH_2)_4{-}CO_2H$$

Nous avons ainsi isolé le dinitrile (I), $C_{19}H_{18}N_2$, de F 73-74°. Le rendement de cette dernière condensation est excellent et le procédé est beaucoup plus rapide et rémunérateur que celui que nous avons décrit (1) à partir de l'ester δ-bromovalérianique; la saponification du dinitrile s'effectue en effet de manière satisfaisante dans la potasse glycolique en le diacide cherché. Notons que ce dernier se transforme aisément par action de $(CH_3CO)_2O$ et distillation dans un bon vide en diphénylcyclohexanone (II), $C_{18}H_{18}O$ de F 100-101° (oxime : F 206-207°), déjà signalée, mais obtenue (F 99°, oxime : F 208°) par une tout autre méthode (3), (4).

2° Pour la préparation de l'acide α.α-diphényladipique par action du diphénylacétonitrile, sodé par $NaNH_2$, sur le γ-bromobutyronitrile, nous avons obtenu une amélioration en augmentant la quantité relative de $NaNH_2$. Il est exact, en effet, que le produit $C_{18}H_{16}N_2$ de F 147-148°, isolé dans cette condensation, et auquel nous avions attribué dans notre précédente Note (2), la constitution d'un nitrile α.α-diphényladipique : $(C_6H_5)_2C(CN){-}(CH_2)_3{-}CN$, (III), répond en réalité à la structure isomère d'une cyano-5 diphényl-2.2

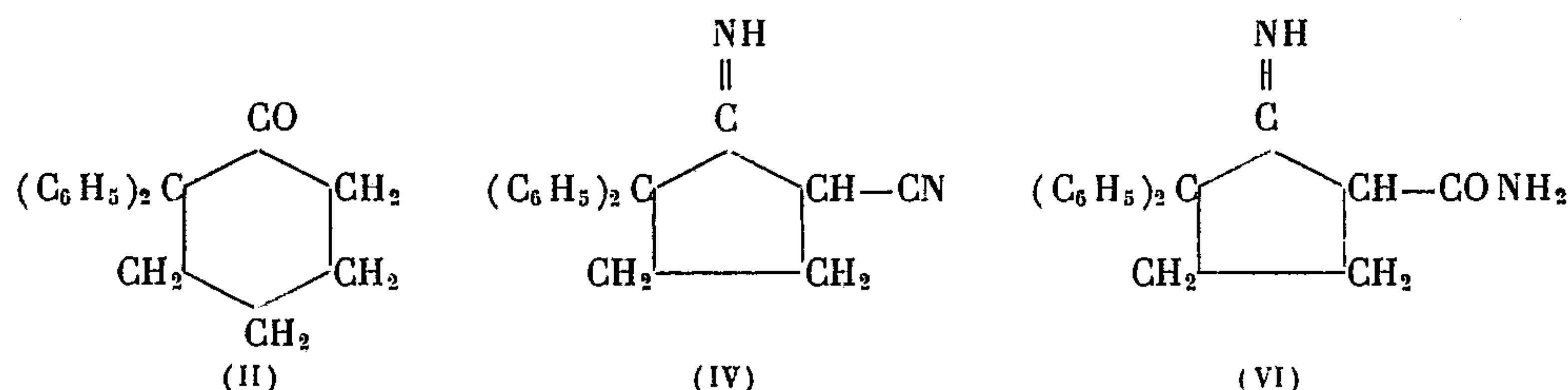
(1) F. Salmon-Legagneur, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2154.

(2) F. Salmon-Legagneur et Mme C. Neveu, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 64.

(3) Meerwein, *Ann. Chemie*, 396, 1913, p. 232.

(4) Burger et Bennet, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 5414.

cyclopentanonimine-1 (IV), comme l'ont montré Easton et Nelson ([5]) qui utilisaient comme dérivé halogéné dans cette condensation le γ-chlorobutyronitrile.



De même le composé $C_{18}H_{18}ON_2$ de F 232-233° pour lequel une structure possible (V) de nitrile-amide : $(C_6H_5)_2C(CN)—(CH_2)_3—CONH_2$ avait été avancée répond plus vraisemblablement à la constitution (VI) d'une carbonamide-5 diphényl-2.2 cyclopentanonimine-1 ([5]).

En fait la condensation du diphénylacétonitrile sodé sur le γ-bromobutyronitrile conduit, comme dans le cas du γ-chlorobutyronitrile, à un mélange de deux isomères en $C_{18}H_{16}N_2$, l'un de F 147-148° (IV) et l'autre de F 65-67° qui est le véritable dinitrile (III) ([5]). Plus la proportion relative de $NaNH_2$ utilisée dans la condensation est grande, plus la formation du composé cyclique est favorisée. Nous avons pu préparer également le véritable nitrile-amide (V), $C_{18}H_{18}ON_2$ de F 115-116°.

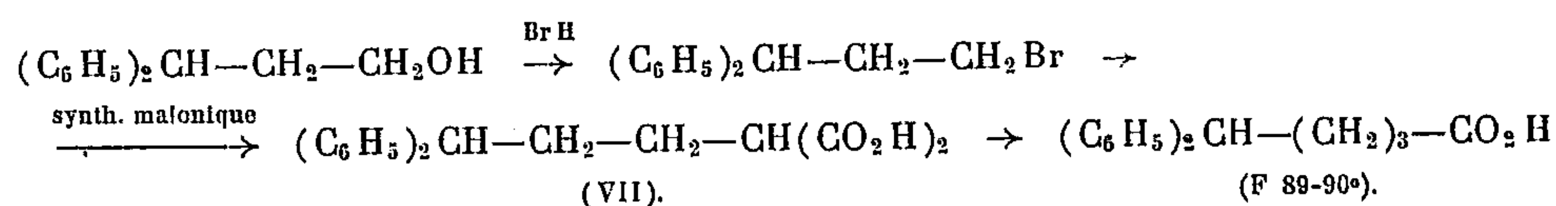
Il est remarquable de constater que c'est seulement par saponification glycolique du composé cyclique (IV) de F 147°, comme nous l'avons montré précédemment, que l'on obtient l'acide αα-diphényladipique dans des conditions satisfaisantes. L'hydrolyse dans les mêmes conditions du véritable dinitrile (III) de F 67° s'effectue mal et ne conduit le plus souvent qu'à des produits de décomposition. On a donc tout intérêt dans la condensation initiale à augmenter la quantité de $NaNH_2$ pour favoriser la production du composé cyclique.

Nous avons préparé également à cette occasion de nouveaux dérivés de l'acide α.α-diphényladipique, notamment le diester méthylique, $C_{20}H_{22}O_4$, de F 77-78°, l'α-méthylester δ-acide, $C_{19}H_{20}O_4$, de F 105-106°, l'α-acide δ-éthylester, $C_{20}H_{22}O_4$, de F 112-113° et la diamide, $C_{18}H_{20}O_2N_2$, de F 183-185°.

3° La difficulté de la préparation de l'acide α.α-diphényladipique avec un bon rendement vient surtout du fait que dans la saponification glycolique du produit (IV) il se produit une décarboxylation comme nous l'avions déjà signalée. Nous avons pu en effet isoler dans cette opération, à côté du diacide α.α-diphényladipique, un monoacide $(C_6H_5)_2CH—(CH_2)_3—CO_2H$, $C_{17}H_{18}O_2$,

([5]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 640.

de F 89-90°. La constitution de cet acide a été prouvée par la synthèse suivante :



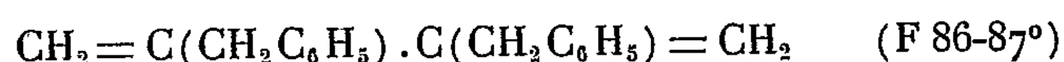
L'acide (VII), $C_{18}H_{18}O_4$, non encore signalé, fond à 186-188°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les magnésiens vinyliques*. II. *Synthèse de diènes*-1.3 *et* 1.4. Note de M. **Henri Normant**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les diènes-1.3 symétriques, sous-produits de la formation des magnésiens vinyliques, ne se font bien que si le bromure porte un substituant aromatique. On décrit la préparation des diènes-1.3 dissymétriques à partir des éthers α-β-dibromés, et la préparation des diènes-1.4.

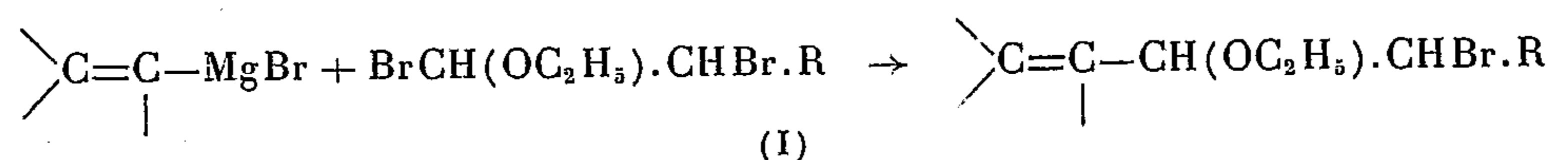
a. Diènes-1.3 *ou conjugués*. — La tendance à la duplication, dans la préparation des magnésiens vinyliques au sein du tétrahydrofuranne [1], n'est manifeste que si le bromure est substitué par un radical aromatique : Il en résulte le diène conjugué symétrique. Le taux n'en est pas élevé, en général, si l'on opère avec un excès de magnésien et en évitant l'échauffement. Cependant, avec le styrolène ω-bromé, la réaction de Wurtz est importante : il se fait près de 50 % de diphényl-1.4 butadiène et la préparation du magnésien au sein de l'éther [2] paraît, dans ce cas, plus indiquée.

On arrive, au contraire, au diène avec des rendements de 60-70 % en opérant à reflux avec un excès de bromure. Nous avons ainsi préparé divers diènes connus ou non.



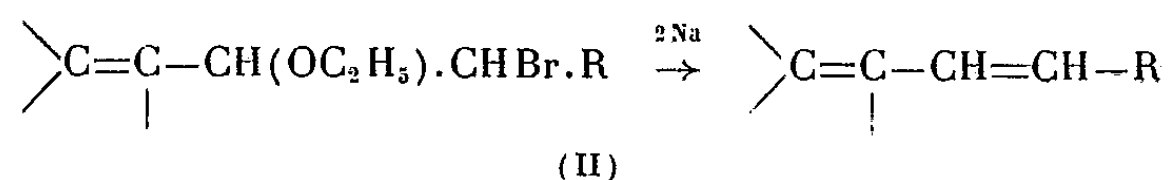
Les bromures vinyliques aliphatiques n'ont pas de tendance à fournir les diènes correspondants; même dans des conditions forcées (chauffage, excès de bromure, présence de $FeCl_3$ ou $CoCl_2$) le taux n'en dépasse guère 4 %,

La condensation des magnésiens vinyliques aliphatiques avec les éthers-oxydes α-β-dibromés conduit aux *bromoéthylines éthyléniques* (I) (Rdt 65-70 %)



(1) H. Normant, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1510.
(2) Rupe, *Ber. d. deutsch. chem. Ges.*, 43, 1910, p. 1231.

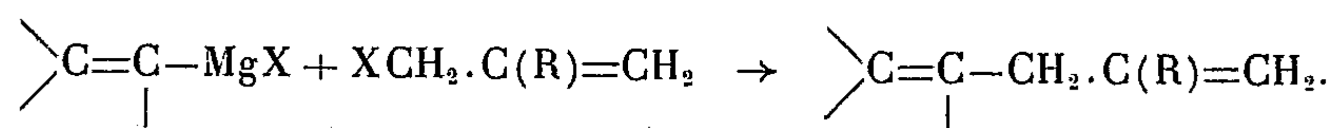
qui, traitées par Na divisé, engendrent avec un rendement d'environ 70 % les *diènes conjugués dissymétriques* (II)



Nous avons ainsi préparé $CH_3.CH{=}CH.CH(OC_2H_5).CH_2Br$, $É_{14}$ 65°; d_4^{20} 1,231; n_D^{20} 1,4623, par $CH_3.CH{=}CH.MgBr$ et $C_2H_5O.CHBr.CH_2Br$, et $CH_3.CH{=}CH.CH(OC_2H_5).CHBr.C_2H_5$, $É_{12}$ 78-80°; d_4^{20} 1,157; n_D^{20} 1,4630 à partir du même magnésien et de $C_2H_5O.CHBr.CHBr.C_2H_5$.

Ils nous ont fourni respectivement du pipérylène $CH_3.CH{=}CH.CH{=}CH_2$ et de l'heptadiène-2.4, $CH_3.CH{=}CH.CH{=}CH.C_2H_5$.

b. Diènes-1.4. — Les magnésiens vinyliques réagissent avec les halogénures allyliques $XCH_2.C(R){=}CH_2$ en donnant les diènes-1.4 :



Magnésien.	Halogénure.	Produit obtenu.	Rendement (%).
$CH_2{=}CH.MgBr$	$BrCH_2.CH{=}CH_2$	Pentadiène-1.4 ([a])	73
$CH_2{=}CH.MgBr$	$ClCH_2.C(CH_3){=}CH_2$	Méthyl-2 pentadiène-1.4 ([b])	62
$CH_2{=}CH.MgBr$	$BrCH_2.CBr{=}CH_2$	Bromo-2 pentadiène-1.4 ([c])	58
$CH_3.CH{=}CH.MgBr$	$BrCH_2.CH{=}CH_2$	Hexadiène-1.4 ([d])	80

([a]) Le pentadiène-1.4 a été obtenu pur en faisant tomber goutte à goutte le magnésien dans le bromure d'allyle tiède. En tenant compte du bromure récupéré le rendement s'élève à 90 %. Le procédé est en outre plus rapide qu'à partir du penténol ([3]). En opérant en sens inverse, (*a*) est souillé de pipérylène.

([b]) méthyl-2 pentadiène-1.4, C_6H_{10}, $É_{754}$ 58-59°; n_D^{21} 1,4066; d_4^{21} 0,706.

([c]) bromo-2 pentadiène-1.4, C_5H_7Br, $É_{755}$ 104-105°; n_D^{20} 1,4725; d_4^{20} 1,288.

([d]) hexadiène-1.4 : souillé d'un peu de biallyle.

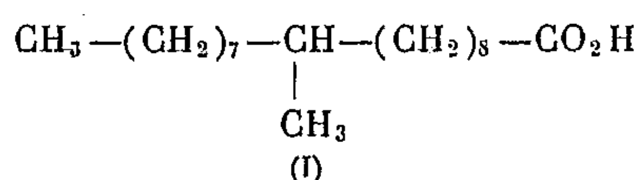
Avec un bromure allylique homologue, la réaction n'est pas univoque, mais l'isomère ramifié domine nettement. Ainsi l'action de $CH_2{=}CHMgBr$ sur $C_2H_5.CH{=}CH.CH_2Br$ fournit 80 % de diènes en C_7, surtout formés d'*éthyl-3 pentadiène*-1.4, $CH_2{=}CH.CH(C_2H_5).CH{=}CH_2(C_7H_{12})$, $É_{760}$ 86°; n_D^{22} 1,4171; d_4^{22} 0,718.

([3]) R. Paul et H. Normant, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 689.

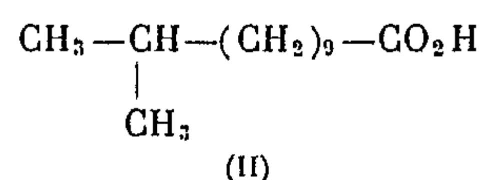
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une synthèse totale des acides (d, l) tuberculostéarique (d, l) méthyl-11 laurique, et arachidique.* Note de MM. **Michel Sy, N. P. Buu-Hoï** et **N. Dat-Xuong**, présentée par M. Marcel Delépine.

La méthode de désulfuration réductrice des dérivés du thiophène par le nickel de Raney est appliquée à la synthèse totale des acides gras supérieurs mentionnés dans le titre.

Nous avons montré à plusieurs reprises ([1]) que la réaction de désulfuration réductrice des dérivés du thiophène à l'aide du nickel de Raney ([2]) ouvre une voie féconde pour la synthèse des acides gras supérieurs, en particulier des acides ramifiés, dont on connaît l'intérêt biologique. Nous appliquons maintenant cette méthode à la synthèse totale de deux acides ramifiés, les acides tuberculostéarique (I) et méthyl-11 laurique (II) racémiques, et d'un acide supérieur à chaîne droite, l'acide arachidique $CH_3-(CH_2)_{18}-CO_2H$.



(I)



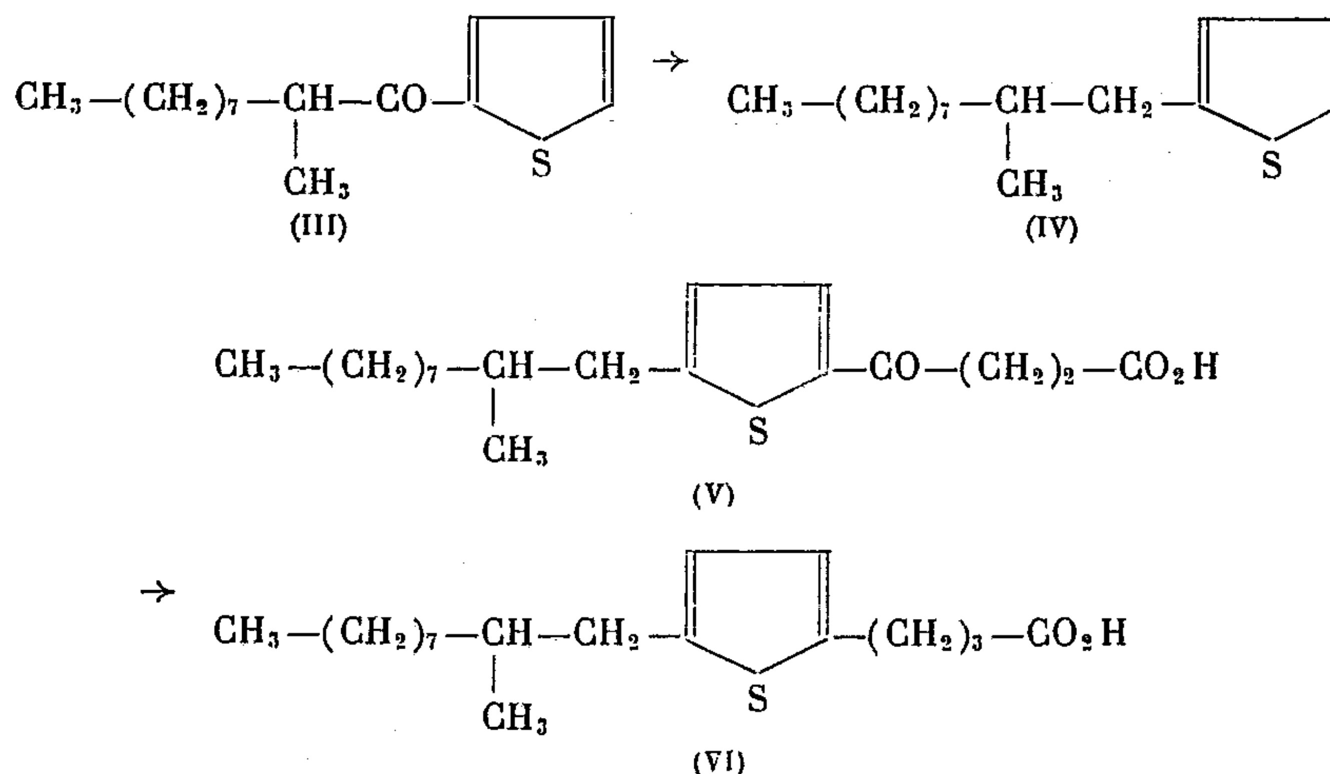
(II)

1° *Synthèse de l'acide (d, l) tuberculostéarique.* — Nous partons de *l'acide α-méthylcaprique* $CH_3-(CH_2)_7-CH(CH_3)-CO_2H$, $É_{20}$ 171-177°, $n_D^{19°}$ 1,4442 obtenu par synthèse malonique; le chlorure de cet acide, condensé avec le thiophène (en milieu sulfocarbonique et en présence de Cl_4Sn), fournit l'(*α-méthylcapryl*)-2 *thiophène* (III), huile jaune pâle, $É_{18}$ 197-199°, $n_D^{24°}$ 1,4897 ($C_{15}H_{24}OS$, calculé %, C 79,4; H 9,5; trouvé %, C 79,3; H 9,8), dont la *semicarbazone* cristallise de l'éthanol en aiguilles brillantes, incolores, F 130° ($C_{16}H_{27}ON_3S$, calculé %, N 13,6; trouvé %, N 13,3). La réduction de cette cétone par l'hydrate d'hydrazine et la potasse conduit au (*β-méthyl-n-décyl*)-2 *thiophène* (IV), liquide incolore, $É_{23}$ 172-174°, $n_D^{22°}$ 1,4748 ($C_{15}H_{26}S$, calculé %, C 75,6; H 10,9; trouvé %, C 75,6; H 11,1); la succinoylation (au sein du nitrobenzène et en présence de Cl_3Al) de ce corps fournit l'*acide* β-(β-*méthyl-n-décyl*-5 *thénoyl*-2) *propionique* (V), cristallisant du benzène en prismes incolores, F 110° ($C_{19}H_{30}O_3S$, calculé %, C 67,5; H 8,9; trouvé %, C 67,2; H 9,0), et qui est réduit par l'hydrate d'hydrazine et la potasse en *acide* γ-(β-*méthyl-n-décyl-5-thiényl*-2) *butyrique* (VI), $É_{28}$ 275-277°, $n_D^{22°}$ 1,4952, cristallisant de l'éther de pétrole en aiguilles incolores, F 37-38°, ($C_{19}H_{32}O_2S$, calculé %, C 70,4; H 9,9; trouvé %, C 70,7; H 10,2). La désulfuration de ce corps fournit l'*acide (d, l) tuberculostéarique*, $É_{18}$ 246-247°, F 24,5-25°, dont l'*amide* fond à 78°; la littérature ([3]) indique pour cet acide des points de fusion allant de 23°,5 à 25,4-25°,1 et pour son amide F 77-78°.

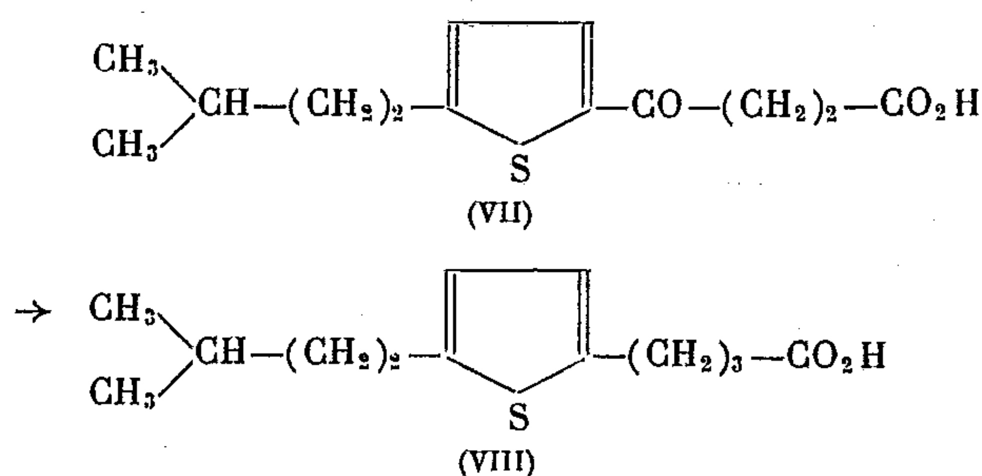
([1]) Sy, Buu-Hoï et Xuong, *J. Chem. Soc.*, 1954, p. 1975; *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1224.

([2]) Blicke et Sheets, *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 3768; Papa, Schwenk et Ginsberg, *J. Organic Chem.*, 14, 1949, p. 723.

([3]) Prout, Cason et Ingersoll, *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 298; Schmidt et Shirley, *ibid.*, 71, 1949, p. 3804.



2° *Synthèse de l'acide (d, l) méthyl-11 laurique.* — La succinoylation de l'*isoamyl-2 thiophène* (huile incolore, $É_{25}$ 92°, préparée par réduction de l'isovaléroyl-2 thiophène) donne l'*acide β-(isoamyl-5 thénoyl-2) propionique* (VII), cristallisant du benzène en paillettes incolores, brillantes, F 111° ($C_{13}H_{18}O_3S$, calculé %, C 61,4; H 7,1; trouvé %, C 61,1; H 7,1) et dont la réduction donne l'*acide γ-(isoamyl-5 thiényl-2 butyrique* (VIII) huile jaune pâle, $É_{20}$ 216-218°, n_D^{22} 1,5186 ($C_{13}H_{20}O_2S$, calculé %, C 65,0; H 8,3; trouvé %, C 65,3; H 8,5); la désulfuration de ce corps conduit à l'*acide (d, l) méthyl-11 laurique*, huile jaune pâle, $É_{16}$ 189-190°, n_D^{22} 1,4198 ($C_{13}H_{26}O_2$, calculé %, C 72,9; H 12,1; trouvé %, C 72,8; H 12,4); le *chlorure* de cet acide est une huile jaune pâle $É_{18}$ 156-157°, et l'*amide* cristallise du méthanol en aiguilles soyeuses, F 103° ($C_{13}H_{27}ON$, calculé %, N 6,6; trouvé %, N 6,5).



3° *Synthèse de l'acide arachidique.* — Par succinoylation du *n*-dodécyl-2 thiophène, on a l'*acide β-(n-dodécyl-5 thénoyl-2) propionique*, cristallisant de l'éther de pétrole en aiguilles incolores F 107° ($C_{20}H_{32}O_3S$, calculé %, C 68,2; H 9,1; trouvé %, C 68,5; H 9,2), et qui est réduit en *acide γ-(n-dodécyl-5 thiényl-2) butyrique*, $É_{14}$ 275-285°, cristallisant de l'éther de pétrole en aiguilles incolores F 87° ($C_{20}H_{34}O_2S$, calculé %, C 71,0; H 10,1; trouvé %, C 71,3; H 10,4), et lequel est désulfuré en *acide arachidique*, $É_{24}$ 250-251°, F 75-76°, dont l'*amide* fond à 107°; la littérature indique F 75°,3 pour cet acide, et F 109° pour son amide (4).

(4) FRANCIS et PIPER, *J. Amer. Chem. Soc.*, **61**, 1939, p. 577; ADAM et DYER, *J. Chem. Soc.*, **127**, 1925, p. 72.

La présente méthode de synthèse des acides gras est malheureusement parfois impraticable, à cause de l'empêchement stérique. Ainsi, l'*acide* γ-(*diéthyl*-2, 5 *thiényl*-3)*butyrique*, paillettes incolores (de l'éther de pétrole) F 61°, $É_{24}$ 207-209° ($C_{12}H_{18}O_2S$, calculé %, C 63,7 ; H 8,0 ; trouvé %, C 64,0 ; H 8,1) résiste à la réduction désulfurante ; il en est de même pour l'*acide* γ-(*di-n-propyl*-2,5 *thiényl*-3) *butyrique*, huile visqueuse jaune, $É_{18}$ 238-240° ($C_{14}H_{22}O_2S$, calculé %, C 66,1 ; H 8,7 ; trouvé %, C 66,3 ; H 9,0), obtenu à partir de l'*acide* β-(*di-n-propyl*-2,5 *thénoyl*-3) *propionique*, aiguilles incolores (de la ligroïne) F 71-72° ($C_{14}H_{20}O_3S$, calculé %, C 62,7 ; H 7,5 ; trouvé %, C 62,9 ; H 7,8).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés cyclobutaniques, isomères de ceux qui sont formés par duplication des alcools triaryl*-1.1.3 *allyliques*. Note (*) de M. **Bernard Goffinet**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Une série de corps cyclobutaniques, isomère de la série formée par duplication des alcools triaryl-1.1.3 allyliques a été obtenue par condensation de benzaldéhyde sur des diphényléthylènes en milieu faiblement acide .

Les colorants éthyléniques, provenant de la salification des carbinols triphénylallyliques *p*-diméthylaminés, dont j'ai étudié les transformations sous l'influence des acides ([1]), ([2]), ([3]) peuvent aussi être préparés, comme on l'a déjà signalé, par une voie toute différente qui est la réaction de R. Wizinger ([4]) et qui consiste en la condensation, par l'acide perchlorique, de diphényl-1.1 éthylènes portant en para des groupements variés (aminés ou alcoxylés), sur des benzaldéhydes substitués par ces mêmes groupements. C'est ainsi que R. Wizinger et G. Renckhoff ([5]) avaient préparé par ce procédé, à partir du bis (*p*-diméthylaminophényl)-1.1 éthylène, IV, opposé au benzaldéhyde ou au *p*-diméthylaminobenzaldéhyde, les colorants correspondants aux deux bases carbinoliques V*a* et VI*a*.

Si la condensation, au lieu d'être effectuée en présence d'acide perchlorique, était réalisée en milieu chlorhydrique faible, il se formait des corps incolores, correspondant à une duplication des colorants avec perte de deux molécules d'acide ou, ce qui revient au même, à la dimérisation des allènes hypothétiques, V*b* et VI*b*, termes de passage supposés.

Les auteurs avaient admis que la structure de ces corps devait se rattacher à celle du produit de duplication déshydratante de l'alcool triphényl-1.1.3 allylique simple, II, parce qu'ils supposaient, logiquement, qu'un intermé-

(*) Séance du 8 décembre 1454.

([1]) Ch. Dufraisse, A. Étienne, P. Barbiéri et B. Goffinet, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 22.

([2]) Ch. Dufraisse, A. Étienne et B. Goffinet, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1349.

([3]) Ch. Dufraisse, A. Étienne et B. Goffinet, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 861.

([4]) R. Wizinger, *Chimia*, 7, 1953, p. 273.

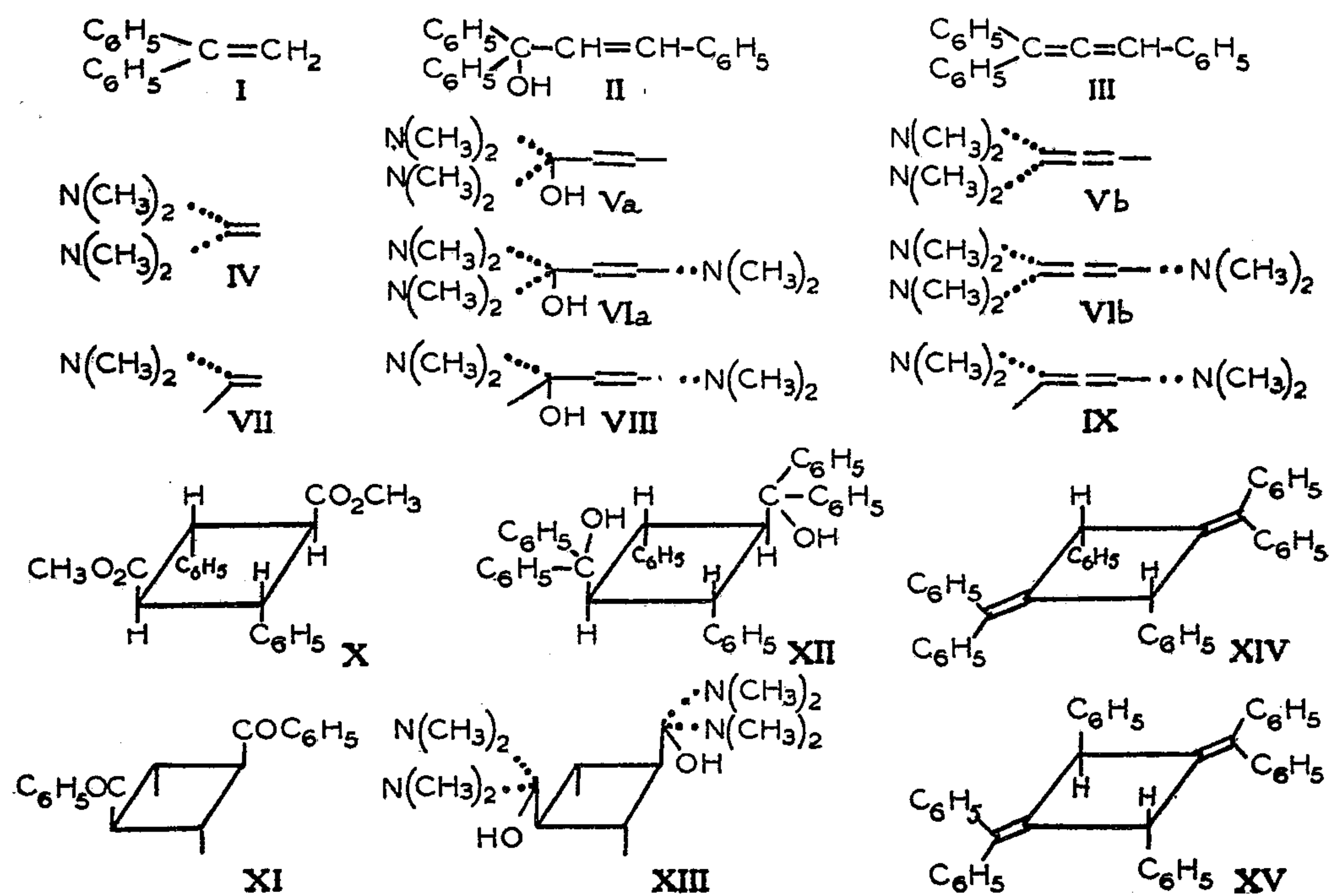
([5]) *Helv. Chim. Acta*, 24, 1941, p. 369 E.

diaire triphénylallénique hypothétique, du type III invoqué par Ziegler [6] pour cette dernière duplication, intervenait dans tous les cas.

D'après cela, s'il en avait été ainsi, les produits doublés de Wizinger auraient dû aussi bien résulter de la duplication des colorants eux-mêmes, c'est-à-dire, en définitive, des alcools triphénylallyliques *p*-diméthylaminés, V*a* et VI*a*, générateurs de ces colorants sous l'action des acides. Or, j'ai eu la surprise de constater que les corps de cette origine [3] étaient différents de ceux de Wizinger.

J'ai alors préparé le prototype non aminé de la réaction de Wizinger par condensation dans le méthanol chlorhydrique du benzaldéhyde sur le diphényl-1,1 éthylène, I. L'hydrocarbure incolore obtenu, $C_{42}H_{32}$, F_{inst} 170°, s'est révélé différent de l'isomère XV, signalé précédemment (F_{inst} 216°), qui résulte de la duplication déshydratante de l'alcool triphénylallylique, II.

Un quatrième spécimen, $C_{50}H_{52}N_4$, F_{inst} 190-191°, a été obtenu à partir du *p*-diméthylaminophényl-1 phényl-1 éthylène, VII, et du *p*-diméthylaminobenzaldéhyde. Il est isomère du produit, F_{inst} 199-200°, obtenu précédemment par déshydratation duplicative de l'alcool bis(*p*-diméthylaminophényl)-1.3 phényl-1 allylique, VIII, auquel correspond l'allène IX.



Il s'avérait ainsi qu'il existait deux séries isomères de produit de duplication. Pour les distinguer, la désignation de « série Ziegler » a été attribuée à ceux

---

([6]) K. Ziegler, H. Grabbe et F. Ulrich, *Ber.*, 57, 1924, p. 1983.

qui résultent de la duplication des alcools triphénylallyliques, et celle de « série Wizinger » à ceux de synthèse directe.

Les structures des corps des deux séries se sont révélées très voisines, d'après les spectres ultraviolets et les propriétés chimiques des deux hydrocarbures prototypes isomères, tout spécialement leur scission commune par l'acide iodhydrique en diphényl-1.3 indane et en triphényl-1.1.3 propane, et leur hydrogénation par le sodium.

La structure des corps de la série Wizinger a alors été établie par le procédé utilisé pour les dérivés de la série Ziegler ([3]), c'est-à-dire la synthèse à partir d'un composé cyclobutanique. Ici, on a même mis en œuvre deux matières premières : l'ester ε truxillique, X, et l'un des dimères de la chalcone, l'ε-bis-chalcone, XI. Par phénylation, avec le phényllithium, l'un et l'autre ont donné le même diol XII, déjà connu ([7]); au passage, c'est une nouvelle démonstration de la structure stéréochimique de la bis-chalcone-ε.

Le diol se déshydrate normalement en un hydrocarbure $C_{42}H_{32}$, XIV, F_{inst} 170°, qui a été trouvé identique au corps de base de la série Wizinger. Ainsi les deux séries se différencient simplement par la distribution stéréochimique des phényles isolés, qui est cis, pour la série Wizinger et trans, pour la série Ziegler.

On a alors tenté de relier, comme pour cette dernière ([3]), la structure du prototype non aminé, à celle de l'ensemble des produits aminés préparés par la réaction de Wizinger. A cette fin, on a tenté la synthèse de l'un d'eux par un intermédiaire cyclobutanique, et l'on a choisi le diol cyclobutanique le plus accessible, qui était le tétraaminé XIII. Ce corps, $C_{50}H_{56}O_2N_4$, F_{inst} 280-281°, s'est bien formé par action du *p*-diméthylaminophényllithium sur l'ε-truxillate de méthyle, mais sa déshydratation s'est avérée complexe et appelle de nouvelles études.

GÉOLOGIE. — *Formation à Trilobites du Cambrien inférieur sur le pourtour de l'Anti-Atlas occidental.* Note de MM. **Georges Choubert** et **Pierre Hupé**, présentée par M. Paul Fallot.

A la suite d'une tournée faite en avril 1953 ([1]) et pendant laquelle nous avions prospecté les couches à Trilobites du Cambrien inférieur ([2]) le long des bordures de l'Anti-Atlas central, nous avons entrepris au printemps

([7]) R. Stoermer, J. Neumaecker et R. Schmidt, *Ber.*, 58 B, 1925, p. 2707.

([1]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1168.

([2]) P. Hupé, *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 103, 1952, p. 402, et G. Choubert, *XIX*e Congrès géol. Internat. Alger, 1952; *Monographies régionales*, 3e série, Maroc, n° 6, p. 97-107.

dernier (avril 1954) l'étude des mêmes couches dans la région de Goulimine *sensu lato*. Ont été prospectés : la bordure de l'Anti-Atlas occidental proprement dit, celle du massif du Taïssa-Guir, ainsi que les anticlinaux qui longent la côte océanique.

1° *Série schisto-calcaire :* zones à *Fallotaspis tazemmourtensis* (I), à *Choubertella* (II) et à *Daguinaspis* (III). — Seule la zone à *Choubertella* a pu être reconnue. Elle caractérise le niveau schisteux connu jusqu'à présent sous le nom de « schistes de Timoulay » (50-75 m). Ceux-ci se situent vers le sommet de calcaires à Archæocyathidés et sont surmontés encore par 100 à 150 m de calcaires. Ces schistes sont fossilifères sur le pourtour de la région de Goulimine, notamment à Timoulay, localité située entre Bou Izakarne et Ifrane, ainsi que sur le pourtour Nord-Est du Jebel Taïssa. Tant vers l'Est (Oued Tamanart) que vers le Sud-Ouest le long des deux flancs du Jebel Taïssa, les schistes de Timoulay deviennent micacés, gréseux, à ripple-marks et perdent les Trilobites.

Au Sud d'Asrhir sur le flanc du Jebel Taïssa, les dernières couches des schistes de Timoulay nous ont fourni *Fallotaspis* et *Resserops*, genres indiquant la zone à *Daguinaspis*. Cependant le gros de cette zone, généralement fort puissante, paraît représenté par les derniers calcaires à Archæocyathidés.

2° *Série des schistes et grès terminaux.* — La zone à *Antatlasia* (IV), qui normalement doit se plaquer sur les derniers calcaires, ne nous a livré nulle part de Trilobites déterminables. Pourtant des *Antatlasia* existent un peu plus à l'Est dans la vallée de Tadakoust ([1]). La présence de lentilles récifales à Archæocyathidés que l'on observe vers ce niveau, peut expliquer, pour une part, cette pauvreté en Trilobites. La zone à *Neltneria* (V) est un peu plus favorable : ces Trilobites existent dans la cuvette d'Adaï (Nord-Est de Tarhjicht). Cette zone est, comme toujours, représentée par des schistes clairs contenant quelques lits de calcaires bréchoïdes à Trilobites. Sur le pourtour du Jebel Taïssa, des lits à ripple-marks ou à pistes de vers, des schistes micacés et des grès apparaissent dans ces niveaux inférieurs de la série. Les grès les envahissent complètement à partir de la transversale d'Aferkert. On peut les suivre au Sud-Ouest jusqu'aux environs de l'Oued Dra.

La zone à *Longianda*, *Saukianda* et *Gigantopygus* (VI) est plus fossilifère. Cependant, de la riche faune qui caractérise cette zone dans la région d'Issafène, ne paraissent subsister ici que les *Longianda*. Nous en avons trouvé au Nord, dans la cuvette d'Adaï, et au Sud sur le pourtour du Jebel Taïssa (flanc Sud-Est). Cette zone est caractérisée par un niveau assez constant de schistes violacés, accompagnés de barres de calcaire scoriacé, rose ou violacé. Rappelons que les calcaires scoriacés

apparaissent au même niveau dans l'Issafène et que le long de la bordure du Sous, ils envahissent entièrement cette zone.

Ces calcaires scoriacés roses se développent surtout dans la région de Goulimine. Par contre, vers le Sud, on observe un autre faciès très caractéristique. Ce sont, intercalés de loin en loin dans les schistes, des petits bancs de calcaire à patine brune, généralement zoogène, bréchoïde, avec parfois des grains de quartz roulés. Ils contiennent généralement des Brachiopodes, des *Hyolites* et parfois des Trilobites. Certains bancs sont échinodermiques et se rencontrent aussi bien vers le sommet de la zone à *Longianda* qu'à la base de la zone suivante à *Termierella* (bordure de la chaîne du Jebel Taïssa-Guir jusqu'à l'extrême Sud-Ouest, anticlinal près de Taïdalt au Sud-Est).

La caractéristique de la zone à *Termierella* (VII), qui dans le Sous et l'Issafène marque le début du régime de grès et de cendres volcaniques, est sa très grande puissance dans toute l'étendue de la zone étudiée. Elle peut atteindre à elle seule plus de 1000 m d'épaisseur, avec d'abord 500-600 m de schistes, puis 300-400 m de grès et de cendres volcaniques alternant avec des schistes. En plus de *Termierella* relativement fréquente, surtout dans les schistes, on y trouve également un Olenellide rappelant « *Olenellus* » *gigas* Peach et pouvant atteindre 20 cm de long (Sud d'Asrhir, coupe d'Aferkert, etc.), *Strenuæva* et quelques autres formes.

Niveau à Myopsolenus (VIII). — Par opposition à l'Anti-Atlas central et oriental, le niveau à *Myopsolenus*, par lequel commence le cycle sédimentaire acadien, est très peu fossilifère dans la zone parcourue. Toutefois quelques glabelles appartenant probablement au genre *Kingaspis* ont été trouvées dans les derniers grès attribuables au Cambrien inférieur de la région d'Asrhir.

Les anticlinaux géorgiens de la zone côtière se sont montrés presque complètement azoïques. L'écrasement hercynien est ici beaucoup plus important que plus à l'Ouest : des régions entières montrent une schistosité orientée parallèlement à la côte et aux axes anticlinaux. D'autre part, comme dans la région de Tiznit, le faciès calcaire semble remonter ici bien plus haut que dans la région de Goulimine. Ainsi, tant dans l'Oued Noun que dans les anticlinaux de l'Oued bou Issafène (Ouest de Labiar), la série calcaire se termine par de grosses barres de calcaire rose scoriacé ressemblant à celui de la zone à *Longianda.* Une glabelle très probablement à rapporter au genre *Micmacca* et trouvée dans le banc terminal de ces calcaires (Oued Noun en amont du poste) indiquerait en effet que l'on est là dans des niveaux déjà très élevés.

GÉOLOGIE. — *Observations sur les faciès saumâtres et marins de la base du Wealdien, dans l'Est de la province de Santander (Espagne).* Note de M. **Pierre Rat**, présentée par M. Paul Fallot.

Dans le Nord et l'Est de la province de Santander, une puissante série détritique argilo-gréseuse, désignée habituellement par le nom de Wealdien, s'intercale entre le Callovien et l'Aptien marins. Elle s'est déposée en eau douce ou saumâtre comme le prouvent les rares fossiles que l'on y a cités. L'âge de sa base n'est pas précisé mais l'existence, par endroits, de conglomérats à galets de calcaire jurassique a fait supposer qu'il y avait une lacune correspondant aux étages du Jurassique plus récents que le Callovien. L'étude des environs de Ramales me permet d'apporter quelques documents nouveaux sur les faciès et sur l'âge des couches situées au-dessous de la série argilo-gréseuse, dans l'Est de la province.

La coupe déduite de l'observation de la vallée du rio Ason en aval de Ramales et des gorges de Carranza montre, au-dessus des calcaires bleu sombre à *Macrocephalites* du Callovien, trois ensembles lithologiques assez différents :

1° 150 à 200 m de couches variées, parfois assez détritiques : schistes calcaires sombres, micacés; bancs gréseux à graviers de quartz, etc. Vers la partie supérieure : calcaires noirs fétides à Gastropodes et Serpules, calcaires et schistes à Ostracodes dont un niveau offre l'association de *Macrodentina retirugata* Jones avec *Spirocyclina infravalanginiensis* Choffat.

2° 200 m environ de calcaires compacts, gris ou ocre, formés par la cimentation de nombreux débris de Bryozoaires, d'Échinodermes et de quelques Foraminifères : *Nodosaria, Coscinoconus alpinus* Leupold. A ma connaissance, ces calcaires n'ont encore jamais été signalés.

3° 350 à 400 m de grès compacts à débris charbonneux et de grès argileux rouges, faciès wealdien typique décrit par les géologues cantabriques.

Enfin des schistes, des grès, des calcaires à Orbitolines sont les premiers témoins de l'Aptien marin.

Le type de *Sp. infravalanginiensis* a été recueilli au Portugal par Choffat (1885), dans des terrains qu'il a désignés du nom d'Infravalanginien et qu'il pensait contemporains du Berriasien. Maync (1938) a signalé en Suisse, dans des « couches-limites » entre le Jurassique et le Crétacé, des Spirocyclines qui appartiennent vraisemblablement à la même espèce. Les autres formes, proches de *Sp. infravalanginiensis*, qui ont été citées, proviennent de niveaux sensiblement du même âge. *M. retirugata* a été

décrite par Jones (1885) dans le Purbeckien d'Angleterre, par Martin (1940) dans le Purbeckien moyen d'Allemagne, mais Donze et Grékoff (1953) l'ont également signalée à l'extrême base du Valanginien, dans le Jura méridional. Je pense pouvoir conclure que les schistes à *Macrodentina* et à *Spirocyclina* se placent vers la limite entre le Jurassique et le Crétacé, soit assez haut dans le Portlandien, soit tout à fait au début du Valanginien.

Jusqu'ici les calcaires à Bryozoaires qui les surmontent ne m'ont pas fourni d'autres fossiles déterminables que *C. alpinus* dont l'extension stratigraphique est assez vaste. Cependant, cette espèce est très fréquente dans le Tithonique et le Crétacé inférieur helvétiques (Leupold et Bigler, 1935), dans les calcaires du Portlandien et du Valanginien de Basse-Provence (Pfender, 1936). Les calcaires à Bryozoaires, plus récents que les couches à Spirocyclines, peuvent donc revenir au Valanginien ou tout au plus, mais avec moins de vraisemblance, à l'extrême sommet du Portlandien. De toute façon, les grès et argiles superposés à ces calcaires appartiennent entièrement au Crétacé et méritent ainsi le nom de Wealdien qui leur a été donné.

Pour conclure, je retiendrai qu'aux environs de Ramales, les faciès saumâtres, détritiques ou non, paraissent s'être installés progressivement dans le Jurassique supérieur après le Callovien, sans qu'une lacune importante due à une émersion puisse être mise en évidence. Parmi les dépôts formés alors, certains, comme les calcaires à Serpules, rappellent assez ceux du Purbeckien d'Angleterre et d'Allemagne.

Une avancée marine, probablement tout à fait au début du Crétacé, permit la formation de calcaires graveleux littoraux à Bryozoaires. Ramales ne devait pas être éloigné du rivage Sud de la mer transgressive. Certains bancs contiennent même un apport terrigène assez grossier. Ce fait est encore plus net à une trentaine de kilomètres à l'Ouest, près de Vega de Pas où Mengaud (1920) avait noté la présence de calcaires noirs dans lesquels j'ai retrouvé un faciès à Bryozoaires analogue à celui de Ramales mais nettement plus gréseux.

L'intercalation de faciès saumâtres (calcaires à Ostracodes et Spirocyclines, etc.) ou marins (calcaires à Bryozoaires) au milieu des premiers apports détritiques sableux me paraît démontrer que l'aire de sédimentation du Wealdien cantabrique n'était pas un bassin intracontinental séparé de la mer par un seuil, mais un bassin paralique, lieu d'une sédimentation de type deltaïque.

GÉOLOGIE. — *Découverte d'une formation à Vertébrés et Végétaux d'âge tertiaire au bord occidental du Désert Libyque (Sahara oriental).* Note de MM. **Pierre Bellair, Jean-Michel Freulon** et **Jean Philippe Lefranc**, présentée par M. Pierre Pruvost.

De récentes missions dans l'Est du Fezzan nous ont permis de constater la présence d'un important affleurement de grès, par delà l'Harouj volcanique, sur le rebord Sud du Serir de Calancho.

Disparaissant à l'Est sous les dunes de l'Erg de Tazerbo, à l'Ouest sous les coulées basaltiques de l'Harouj el Assoued, cet affleurement a pour limite méridionale une haute falaise de 120 km de long que nous dénommerons Dor et Talha, du nom de l'ouadi qui semble circuler à son pied. Déjà signalée en 1930, lors du passage de la colonne du Major Torelli (1), cette falaise porte à son sommet de nombreux fragments de bois silicifiés, tandis que sa base repose, en concordance, sur des marnes à Ostréidés de l'Éocène moyen.

En avril 1952, lors de notre passage au Dor et Talha, à une quinzaine de kilomètres à l'Est de la bordure orientale des basaltes de l'Harouj, nous avons effectué les récoltes et les observations suivantes.

Le sommet de la falaise est formé de grès roux tendres à stratification entrecroisée et à lits de petits galets, contenant les bois fossiles, et de sables argileux verdâtres. Vers la base, les niveaux sont franchement marneux et gypseux. C'est dans ceux-ci que nous avons recueilli quelques ossements : deux écailles de Lépidote, de nombreuses plaques dermiques d'un petit Crocodile, des fragments de plaques de Tortues.

Par la suite, en novembre 1952, l'un de nous (J. P. L.) a pu compléter ces premières observations en notant la coupe du Dor et Talha à 80 km à l'Est de la bordure de l'Harouj, soit à plus de 60 km à l'Est du point précédemment décrit. Cette succession se présente comme suit, de haut en bas :

— Au sommet : 30 m de grès tendres à stratification entrecroisée renfermant des cailloutis et des bois silicifiés. La surface altérée des grès donne naissance à des graviers fins et à des cailloux, en une couche d'épaisseur variable, constituant le matériau du Serir de Calancho;

— 20 m de marnes bariolées à concrétions limoniteuses, avec des vertèbres de Pristidés. Une fructification végétale limonitisée, trouvée au bas de la falaise, doit provenir de ce niveau;

— 40 m de marnes vertes et de gypse, renfermant de nombreux ossements. Ceux-ci feront l'objet d'une publication ultérieure; mais, dès à

(1) Governo della Cirenaica (Bengasi), *Bollettino Geografico*, n° 12, 1931.

présent, on peut citer : une vertèbre de *Palæophis* (détermination due à MM. Hoffstetter et Lavocat); six vertèbres d'un Saurien d'assez grande taille; des fragments de carapaces de Tortues; des vertèbres, deux fragments de rostre et une dent rostrale de Pristidés; quinze vertèbres, quatre fragments de crânes, une demi-mandibule, huit aiguillons pectoraux ou dorsaux et de nombreuses plaques dermiques d'un Siluridé de grande taille;

— Enfin, à la base, des marnes gypseuses à Ostréidés, parmi lesquels *Ostrea clot-beyi* Bellardi indique un âge équivalent au Mokattam supérieur d'Égypte, affleurent plus au Sud sur un très vaste territoire.

Certains ossements épigénisés en gypse dans le second gisement, et la présentation des lits gypseux alternant avec les marnes dans le premier, semblent indiquer que la base de la formation a connu un enrichissement en gypse postérieurement au dépôt des sédiments.

Les Végétaux, remis pour étude à E. Boureau, au Laboratoire d'Anatomie comparée des Végétaux du Muséum, sont des bois fortement silicifiés. Leur caractère hétéroxylé montre, de façon évidente, qu'ils appartiennent au complexe stratigraphique du continental terminal post-éocène.

L'ensemble de la faune de Vertébrés offrirait un caractère tertiaire peu typique s'il n'y avait des restes de Siluridés et de *Palæophis*. Ceci explique, avec le faciès des grès à bois fossiles, notre attribution première de ces niveaux aux Grès de Nubie tels qu'on les connaît au Sahara central ([2]).

Nous sommes maintenant en mesure, à la suite des observations et des fossiles recueillis au second parcours dans cette région, d'affirmer l'âge tertiaire des formations continentales du Dor et Talha; âge éocène tout à fait supérieur, ou oligocène inférieur tout au plus.

Pendant l'Éocène moyen, la vaste transgression de la Mer à Nummulites s'est avancée par le Golfe de Syrtique jusqu'aux marches septentrionales du Tibesti, comme l'ont signalé Ardito Desio ([3]), Maurice Lelubre ([4]) et Jean Philippe Lefranc ([5]).

Une lente régression lui a succédé, laissant derrière elle de vastes plaines émergées, parsemées de lagunes, et traversées par de grands fleuves roulant dans leurs eaux des graviers, des limons et des troncs d'arbres. A côté des Vertébrés typiquement fluviaux, on note quelques espèces marines qui ont dû remonter les cours d'eau assez loin en amont des estuaires, comme on l'observe dans les fleuves africains actuels. Plus au Sud, des forêts couvraient une partie du pays.

([2]) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2460.
([3]) *Atti Soc. Ital. Sc. Nat.*, Milano, 79, 1940.
([4]) *Bull. Soc. géol. Fr.*, (5), 3, 1949, p. 251.
([5]) *Trav. Inst. Rech. Sah.*, Alger, 11, 1954, p. 95.

Qu'un semblable régime se soit établi au bord occidental du Désert Libyque à la fin de l'Éocène, les couches à bois et ossements du Dor et Talha en sont le témoignage.

GÉOLOGIE. — *Découverte du Tournaisien, et tectonique prémonitoire hercynienne dans la région de Tinerhir (flanc Nord du Sarho-Ougnat).* Note de M. **Jean Hindermeyer**, transmise par M. Gaston Delépine.

Après une phase prémonitoire anté-tournaisienne, un golfe dinantien s'est étendu de l'Est vers l'Ouest de Tinerhir, d'extension croissante du Tournaisien supérieur au Viséen supérieur. Une seconde phase prémonitoire (sudète ?) a plissé vers la fin du Viséen supérieur la série dinantienne et son socle, en modelant l'ébauche anté-tournaisienne du Sarho. Le Namurien transgressif serait présent au J. Tisdafine.

La bordure Nord du Sarho-Ougnat offre, en affleurements discontinus depuis le Sud de Timatraouine jusqu'au Ras Sdaff, une série dinantienne allant du Tournaisien supérieur au Viséen supérieur. Elle est transgressive et discordante sur le Silurien et le Dévonien.

1. Stratigraphie. — Je citerai, à titre d'exemple et d'Ouest en Est, trois coupes :

a. Au Sud de Timatraouine, la série dinantienne est en imbrication isoclinale à pendage Nord dans les grès rubéfiés de l'Ordovicien moyen : elle a été confondue avec l'Ordovicien sur la carte géologique Ouaouizarth-Dadès au 1/200000e. Ce sont des schistes calcareux vert foncé, dont le pendage est de 15° Nord au contact discordant sur les grès ordoviciens pendant 5° Nord.

Les 30 à 35 premiers mètres sont du Tournaisien supérieur, avec notamment : *Spirifer tornacensis*, *Sp. konincki*, *Sp. convolutus*, *Pustula pilosa*, *Spiriferina octoplicata*, *Sp.* aff. *insculpta*, *Munsteroceras* (ex. gr. *rotella* ?), *Schuchertella crenistria*, *Syringothyris cuspidata*, etc. et vers la base de la série deux Graptolites dendroïdes du genre *Dendrograptus* (¹).

Les 4 à 5 m suivants ont livré les premiers témoins de la faune viséenne : *Spirifer bisulcatus*, *Chonetes* ex. gr. *papilionacea*, *Cyathophyllum* (ou *Clisiophyllum*), et des espèces communes aux deux sous-étages : *Syringothyris cuspidata*, *Munsteroceras* sp., *Pericyclus* sp.

Puis viennent environ 60 à 80 m de schistes plissés du Viséen inférieur et moyen avec : *Spirifer bisulcatus*, *Sp. trigonalis*, *Daviesiella comoides* associé à un autre Dendroïde du genre *Ptiograptus* (¹), *Chonetes Schmiereri*, *dalmaniana*, *papilionacea*, *Productus fimbriatus*, *Pr. interruptus*.

La série se complète par des lentilles calcaires (20 à 30 m) à *Munsteroceras*, avant de disparaître sous le chevauchement des grès ordoviciens.

(¹) J. Hindermeyer, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1397.

b. Cette imbrication dinantienne se continue vers l'Est jusqu'au Sud de Tinerhir : le flanc Sud du *J. n'Ouaklim*, à l'Ouest de la piste Tinerhir-Iknioun, de structure isoclinale à pendage moyen 10° Nord, recèle deux écailles superposées de schistes dinantiens pincés dans les grès ordoviciens. Ceux-ci datés par *Sphærexochus gryphus*, *Onnia cobboldi* (Caradoc).

Le Dinantien a livré du Viséen inférieur et moyen; le Tournaisien n'a pu être reconnu avec certitude; par contre le Viséen supérieur à *Beyrichoceras* (*B. truncatum ?*) est présent au sommet de l'écaille topographiquement la plus élevée.

c. A l'Est de Tinerhir, le Tournaisien et le Viséen inférieur se retrouvent à *Khellil*, dans les blocs du conglomérat dinantien grossier déjà signalé par L. Clariond ([2]) avec : *Spirifer tornacensis*, *Sp. attenuatus*, *Productus interruptus*, *Chonetes hardrensis*.

Enfin, plus à l'Est encore, le Ras Sdaff présente une coupe complète du Tournaisien supérieur au Viséen supérieur, avec faune :

10 à 12 m de grès tendres du Tournaisien supérieur à *Spirifer tornacensis*, *konincki*, *princeps*, *subcinctus*.

Environ 20 m de schistes gréseux, à minces intercalations de bancs calcaires, du Viséen inférieur à *Daviesiella comoides*, Graptolite dendroïde ([1]), *Syringothyris cuspidata*, *Spirifer bisulcatus*, mais comprenant encore des témoins de la faune tournaisienne (*Sp. tornacensis*).

Dans les 30 mètres de schistes suivants du Viséen inférieur et moyen, la faune viséenne est bien différenciée, avec notamment *Sp. bisulcatus* et *Sp. attenuatus*.

Puis la base des 50 derniers mètres de la série (grès avec lentilles calcaires, calcaires gréseux et grès) a donné à L. Clariond *Productus* gr. *cora* ou *striatus*, et *Pr. giganteus* du Viséen supérieur ([3]).

d. Le J. Tisdafine, au nord de la ligne Khellil-Ras Sdaff, est formé d'un puissant flysch transgressif schisto-gréseux, où j'ai trouvé en particulier *Prolecanites* sp., ce qui limite l'indétermination d'âge, entre Viséen supérieur et Namuro-Moscovien.

2. PALÉOGÉOGRAPHIE ET TECTONIQUE. — *a*. La discordance générale du Tournaisien transgressif sur l'Ordovicien dans la région de Tinerhir traduit une phase prémonitoire hercynienne, antérieure au Tournaisien supérieur. La lacune du Famennien étant improbable, elle correspondrait à la phase bretonne de Stille.

b. La mer dinantienne, à Brachiopodes prédominants, formait dès le Tournaisien supérieur un golfe avancé vers l'Ouest au moins jusqu'à Imiter. Ce golfe, élément paléogéographique nouveau, s'est encore étendu au Viséen inférieur et moyen. La mer devait alors submerger le domaine de l'Ougnat,

---

([2]) L. CLARIOND et H. TERMIER, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1911.

([3]) L. CLARIOND, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 2270.

mordre sur l'ébauche anté-tournaisienne du Sarho, pour atteindre enfin au Viséen supérieur le pays de Skoura.

c. Aucune discontinuité n'affecte la série dinantienne; la phase tectonique antérieure au Viséen supérieur, envisagée par G. Choubert ([4]) au Ras Sdaff, n'y peut être décelée, pas plus qu'au J. Begaa.

d. Une seconde phase prémonitoire (phase sudète?) se place vers la fin du Viséen supérieur, avant le dépôt de la série du J. Tisdafine. En tout cas anté-namurienne, plus intense que la précédente, elle a provoqué les structures imbriquées citées entre Timatraouine et Tinerhir et modelé l'ébauche anté-tournaisienne du Sarho. Le conglomérat dinantien de Khellil correspond à la destruction de reliefs qu'elle a ravivés.

PALÉONTOLOGIE. — *Présence d'un Saurien Hélodermatidé dans la faune fossile des Phosphorites du Quercy*. Note de M. **Robert Hoffstetter**, présentée par M. Charles Jacob.

Les Hélodermatidés sont de grands Sauriens venimeux, actuellement confinés, avec le seul genre *Heloderma*, dans un territoire restreint du Mexique et des États-Unis. La famille n'est connue à l'état fossile que par un fragment de maxillaire (*H. matthewi* Gilmore, 1928), de l'Oligocène du Colorado. D'autres formes éteintes en particulier le genre européen *Placosaurus*, lui ont parfois été rapportées, mais il a été démontré qu'elles appartenaient à d'autres familles.

Cependant, depuis longtemps, j'ai remarqué, dans les collections des Phosphorites du Quercy (Éocène-Oligocène), des vertèbres assez rares qui s'accordent avec la morphologie particulière des Hélodermatidés. D'autre part, en 1946, un examen sommaire de pièces de même provenance appartenant à la Faculté des Sciences de Marseille (coll. Pradines) m'a fait connaître deux maxillaires d'Hélodermatidés, dont un en parfait état, sans qu'il me soit possible, à l'époque, d'en faire l'étude. Enfin, une révision systématique du matériel du Quercy conservé au Muséum m'apporte une confirmation des observations antérieures, la même forme étant illustrée par quatre maxillaires, dont un presque complet, un dentaire, sans dents, un ptérygoïde et des vertèbres.

Toutes ces diverses pièces indiquent un animal d'un tiers plus fort que l'actuel *H. suspectum*. La morphologie osseuse, pratiquement identique, ne laisse aucun doute sur les affinités du fossile. Les ostéodermes, fermement fixés au maxillaire, ont cependant des caractères propres, qui rappellent plutôt *H. matthewi* : plus grands et moins nombreux que dans

([4]) G. Choubert, *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 100, 1952, p. 130-132.

les formes modernes, moins nettement séparés, leurs limites s'effacent avec l'âge; ils sont ornés de perforations et de vermiculures. Les dents maxillaires, au nombre de 9 à 11 sont très comparables; les moyennes sont agrandies; la pleurodontie est très faible; la base dilatée, insérée obliquement, porte des sillons longitudinaux; la couronne, aiguë et recourbée, est carénée en avant et en arrière; l'arête antérieure est longée par un sillon peu marqué, beaucoup moins différencié que chez les formes actuelles, moins accusé même que chez *H. matthewi* (d'après la description de Gilmore). Les petites dents ptérygoïdiennes sont plus nombreuses (7) que chez les types modernes.

Cette espèce inédite appartient à *Heloderma* ou à un genre très voisin. C'est le premier Hélodermatidé indiscutable trouvé en dehors de l'Amérique du Nord. Il démontre que la famille a habité l'Europe occidentale à l'Éocène supérieur ou l'Oligocène inférieur; dès cette date, elle avait déjà acquis sa morphologie osseuse si caractéristique, mais la spécialisation venimeuse était moins marquée.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur une méthode permettant de préciser le mode d'équilibre de l'écorce terrestre.* Note de M. **Jean Lagrula**, présentée par M. Pierre Lejay.

On décèle, par certaines des anomalies de la pesanteur calculées suivant un schéma isostatique, les défauts de ce dernier, qu'on modifie en conséquence. En particulier une « couche intermédiaire » est à envisager.

L'isostasie permet de débarrasser *grosso modo* les anomalies de Bouguer de leur caractère systématique : nette décroissance en fonction de l'altitude z. Mais, pour préciser le mode d'équilibre de l'écorce terrestre, l'indépendance vis-à-vis de z ne saurait constituer un critérium rigoureux puisque les densités superficielles augmentent en moyenne avec z, en même temps que l'âge des terrains. D'une manière générale, on ne sait pas calculer les « corrections géologiques » : un schéma sera satisfaisant s'il fournit des résidus « accidentels » où ne se puisse déceler d'autre influence que l'incertitude concernant les densités réelles.

De même que, dans la répartition des anomalies de Bouguer, on a su reconnaître une compensation, de même, ayant adopté une hypothèse isostatique de travail, nous rechercherons, pour les accidents topographiques qui se prêtent le mieux à une telle discrimination, les résidus correspondant à d'autres modes d'équilibre, et nous les confronterons aux résidus réels (anomalies isostatiques). L'avantage de cette méthode est de mettre en évidence des « distributions-types » dont on n'aurait pas su à priori voir le caractère systématique. Par exemple les anomalies Airy [1],

[1] J. Lagrula, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 601.

calculées avec la profondeur de compensation T, doivent comporter, si la profondeur réelle est moindre, un minimum terrestre et un maximum marin à une cinquantaine de kilomètres de part et d'autre d'un littoral bordant des fonds importants (isobathes serrées). En examinant la carte de France (T = 30 km) et appliquant cette remarque à la Provence, on conclut que T demande à être diminué. Une réalité du type Pratt calculée dans un schéma Airy donnerait lieu au même genre de distribution des anomalies, mais avec 10 ou 20 km de distance au littoral au lieu d'une cinquantaine. Je n'ai pas observé de telles distributions d'anomalies, dont l'éventualité n'est guère probable.

Quant au « degré de régionalité », en l'état actuel de nos connaissances sur les propriétés mécaniques de l'écorce terrestre, c'est une grandeur trop mal définie pour qu'on puisse, dans l'analyse des anomalies, la séparer nettement de la profondeur de compensation. Or, compte tenu de la structure géologique, la meilleure valeur de T ne semble pas partout la même ([2]). Tout en rendant justice au schéma d'Airy grâce auquel une étape importante de l'isostasie put être franchie, nous devons envisager un schéma plus complexe. Laissons à la « régionalité » une hypothèque sur les phénomènes de petites dimensions ou très récents, et cherchons une solution plus générale. Remarquons d'abord que le choix des densités, beaucoup moins important que celui de T, n'est tout de même pas indifférent : si les valeurs adoptées, 2,67 pour l'écorce et 3,27 pour le substratum, sont erronées, de façon par exemple que la différence 0,6 soit trop forte, les anomalies d'une zone littorale à isobathes serrées doivent être systématiquement positives. (C'est le cas pour l'Algérie.)

Au lieu d'une régionalité variable, les fluctuations de T peuvent déceler une deuxième densité crustale. Faisant place, comme les séismologues, à une couche intermédiaire, nous aurions affaire à la résultante de deux compensations. La première, la moins profonde, serait en général prépondérante, à cause de la loi de Newton. Mais :

1° Le schéma d'Airy valable en première approximation serait à contraste densitaire faible et (peut-être) à compensation incomplète.

2° Dans certaines zones la couche intermédiaire affleurant, la compensation serait plus profonde. D'où les anomalies positives actuelles de certaines îles, comme Chypre et Luçon. Pour cette dernière, le P. Lejay avait d'ailleurs envisagé une telle explication ([3]), qui pourrait concerner aussi certaines anomalies mystérieuses de l'antécambrien ([4]).

([2]) W. HEISKANEN, *Report on isostasy U. G. G. I.*, Bruxelles, 1951.

([3]) P. LEJAY, *Étude gravimétrique des îles Philippines*, 1939.

([4]) JEAN LAGRULA, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1740.

La couche intermédiaire introduit dans la compensation une indétermination. Nous examinerons ailleurs dans quelle mesure les données séismologiques permettent de la lever.

SÉISMOLOGIE. — *Causes tectonophysiques et effets morphologiques des séismes d'Orléansville et du Chéliff.* Note de MM. **Louis Glangeaud** et **Jean-Pierre Rothé**, présentée par M. Pierre Pruvost.

En utilisant les données séismologiques, gravimétriques et tectoniques, les auteurs proposent un mécanisme pour les séismes supracrustaux. Ils les distinguent des séismes intra ou sous-cristaux et en précisent les effets sur la morphologie superficielle.

En Algérie la répartition des séismes correspond, dans l'ensemble, à la zone des plissements tertiaires (Atlas tellien et saharien), comme le montre la carte publiée par l'un de nous (1). Les séismes les plus nombreux se sont manifestés dans l'Atlas tellien littoral. Ils sont en relation avec des déformations plio-quaternaires (2). Les flexures qui continuent à jouer, agissent sur un matériel primaire et secondaire, très hétérogène (3), couronné par une couverture mio-plio-quaternaire assez mobile.

Les grandes unités structurales de sub-surface sont influencées par l'existence de compartiments crustaux profonds (voussoirs ou panneaux). La limite des voussoirs est souvent formée, d'un côté par des unités structurales longitudinales Est-Ouest et de l'autre, par des zones de déformation transversales Nord-Sud ou Nord-Est-Sud-Ouest. Les épicentres principaux se groupent généralement le long de ces bordures. Le cas est particulièrement net pour la région d'Orléansville, Ténès et Carnot. En effet, les isoséistes du 9 septembre 1954, de forme généralement elliptique, montrent un premier axe presque Nord-Sud qui correspond sensiblement à la zone transversale de Ténès (n° 10 de L. Gl., 1951). Les transversales ne sont pas des fractures simples mais des zones de déformation du bâti profond, accompagnées de failles et flexures qui coupent transversalement ou dénivellent les plis miocènes ou anté-miocènes.

La transversale n° 10 offre un axe qui passe à l'Ouest du Cap Ténès, puis à l'Est de Montenotte et au voisinage de Flatters. Ses deux bords limiteraient le synclinal plio-quaternaire qui s'étend au Nord de Pontéba.

---

(1) J.-P. Rothé, *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 4e série, *Géophysique*, n° 3, 40 p., 10 fig., 1950; M. Dalloni, *Comptes rendus*, 175, p. 527, 1922 et 239, 1954, p. 986.

(2) L. Glangeaud, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4e série, 17, 1927, p. 239-246, 1 fig.; *Congrès géol. intern. Alger*, section XV, fasc. XVII, p. 71-101, 5 fig., 1952; *Geologische Rundschau*, 14 p., 6 fig., 1954.

(3) L. Glangeaud, *Thèses Sc. Paris*, 600 p., 17 p. + 1 pl. (carte structurale de l'Afrique du Nord, 1932; *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 6e série, 2, 1952, p. 619-639, 4 fig.

Les épicentres du séisme destructeur du 9 septembre 1954 (36°17'N, 1°28'E) et du séisme presque aussi violent du 10 septembre (36°30'N, 1°18'E) correspondent aux deux bords Est et Ouest de cette transversale, et notamment de la flexure E séparant son axe du « seuil surélevé de Pontéba ».

Sur le terrain les *phénomènes morphotectoniques* qui résultent de l'action du séisme du 9 septembre sont de deux ordres : au voisinage de l'épicentre (par exemple, autour du marabout de Sidi Djilali) se sont produites des *cassures et des fissures Nord-Sud*, sensiblement suivant la direction Ténès-Pontéba; au contraire, dans d'autres zones, à Ouled Ben Ali (Medinet-Medjadja), et plus particulièrement sur la bordure Nord du synclinal post-pliocène des Beni-Rached, des glissements superficiels ont mis en mouvement des terrains marneux très plastiques qui étaient en déséquilibre sur le flanc de ce synclinal. Leurs lignes de rupture, notamment celles des Beni-Rached, grossièrement Est-Ouest, raccordent l'accident Ténès-Pontéba aux flexures qui bordent la vallée du Chéliff entre Hanoteau et Carnot. Ces *flexures Est-Ouest*, peu actives au cours des séismes des 9 et 10 septembre, semblent avoir joué lors des « répliques » des 10 et 12 octobre 1954 dont les foyers se trouvent au voisinage de Carnot, ainsi qu'en témoignent les cartes isoséistes dressées à Alger par Mlle A. Grandjean. La région de Carnot-Les Attafs a déjà été le siège de séismes notables (17 décembre 1926, 7 septembre 1934). Ces séismes, comme ceux précédemment décrits [1] dans les régions du Zaccar, de Miliana, d'Inkermann, d'Arzew et d'Oran, se groupent au voisinage de la zone III. L'axe lourd correspondant à cette zone a été suivi par M. Lagrula au point de vue gravimétrique [4]. *A la bordure Nord de cette zone III, les déformations plio-quaternaires sont encore actives.*

Au Nord et au Nord-Ouest de Ténès, des câbles sous-marins ont été rompus le 9 septembre 1954, sur 3 450 km² entre 2 000 et 2 500 m de profondeur. Des glissements de talus et des écoulements boueux sous-marins paraissent responsables de ces ruptures. La zone perturbée borde au Nord *la flexure continentale algérienne* de direction E-W [5].

Le Néogène atteint, dans la vallée du Chéliff, par places, 4 000 m d'épaisseur. Pour le Secondaire, il faut y ajouter plusieurs milliers de mètres de couverture, dans les zones III et IV, et une épaisseur moins grande pour la zone III. Or l'hypocentre du dernier séisme se trouve sans doute à 7 ou 8 km de profondeur.

On peut donc concevoir le mécanisme suivant : les ajustements du type

---

[4] J. LAGRULA, *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 4ᵉ série, n° 2, 114 p., 1 pl., 1951; J. LAGRULA et L. GLANGEAUD, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 193.

[5] J. BOURCART et L. GLANGEAUD, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4ᵉ série, 4, 4 fig., 1954, et L. GLANGEAUD (*loc. cit.*, n° 2).

isostatique, qui se manifestent depuis la fin du Pliocène, avec une indépendance relative pour chaque compartiment de la mosaïque tellienne [2], intéressent évidemment le bâti profond. Les tensions et pressions potentielles s'accumulent en bordure des voussoirs et à la partie supérieure de ceux-ci. Au-delà d'une certaine limite, ces forces potentielles se manifestent par un cisaillement rapide et brutal dont l'effet principal naîtrait, de préférence, au niveau des zones disharmoniques et des accidents supracrustaux. Les surfaces de rupture de ces *séismes* que nous nommerons *supra-crustaux* sont plus voisines des glissements superficiels que des véritables dislocations profondes du type des failles intracrustales. Ces phénomènes de réajustement sont accompagnés de glissements encore plus superficiels du type des structures d'effondrement, tels ceux des Beni Rached.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur quelques mesures de la pénétration du rayonnement ultraviolet dans la Méditerranée*. Note de Mlle **Jacqueline Lenoble**, présentée par M. Louis Fage.

La pénétration du rayonnement ultraviolet dans la mer a été étudiée à Monaco pendant quelques journées de l'été 1953 et de l'été 1954 par spectrophotométrie photographique. En moyenne, le rayonnement transmis à la verticale de haut en bas est réduit au 1/10e de sa valeur vers 30 m pour 4 000 Å et vers 15 m pour 3 200 Å. Quelques mesures ont été faites également du rayonnement diffusé de bas en haut et horizontalement.

Nous avons déjà décrit précédemment [1] un appareil conçu pour étudier la pénétration du rayonnement ultraviolet dans la mer, qui utilise le principe de la spectrophotométrie photographique.

Les mesures faites en septembre 1954, dans la Méditerranée, au large de Monaco, jusque vers 50 m de profondeur, sont en bon accord avec les premiers résultats [1], [2] obtenus au même endroit pendant l'été 1953. Le tableau I groupe, pour quelques longueurs d'onde, l'ensemble des résultats obtenus jusqu'à présent pour le coefficient décimal d'extinction (en m^{-1}) du rayonnement se propageant à la verticale de haut en bas, qui comprend le rayonnement directement transmis du ciel zénithal et une fraction du rayonnement du soleil et de l'ensemble du ciel diffusée vers le bas; il est probable d'ailleurs que c'est le rayonnement diffusé du soleil, beaucoup plus rapidement variable, qui est responsable en grande partie de la dispersion des résultats. Il semble néanmoins raisonnable d'admettre que la moyenne (k) de ces mesures, donnée dans le tableau II, représente assez bien en pratique la pénétration de l'ultraviolet dans cette région de la Méditerranée, en été; nous donnons

---

(1) Y. Le Grand, J. Lenoble et B. Saint-Guily, *Ann. Géoph.*, 10, 1954, p. 59.

(2) J. Lenoble, *Ann. Géoph.*, 10, 1954, p. 210.

également dans ce tableau II, le coefficient népérien d'extinction $\gamma = 2,303\ k$, le facteur de transmission de 1 m d'eau $t = e^{-\gamma} = 10^{-k}$ et la profondeur x où le rayonnement est réduit au 1/10ᵉ de sa valeur de surface.

TABLEAU I.

Années.	Jours.	Heures.	Temps.	4 000 Å.	3 800 Å.	3 600 Å.	3 400 Å.	3 200 Å.
1953.	26 juin...	15 h–17 h	Clair	0,045	0,059	0,077	0,127	0,168
	1ᵉʳ juill...	15 h 30–17 h	Couvert	0,054	0,064	0,083	0,098	–
	2 sept...	9 h 10–10 h 30	Clair	0,034	0,046	0,063	0,098	–
				–	0,033	0,041	0,045	0,067
	5 »	9 h–10 h 50	»	0,033	0,036	0,036	0,049	0,072
				0,040	0,050	0,062	0,086	–
	8 »	9 h 45–11 h 30	»	–	0,037	0,040	0,060	0,079
	8 »	15 h 15–16 h 45	»	–	–	0,046	0,065	0,080
	9 »	9 h 20–10 h 50	»	–	–	0,039	0,047	0,063
				0,025	0,026	0,032	0,043	0,056
1954.	9 sept...	15 h	»	0,041	0,047	0,061	0,065	0,072
	10 »	9 h 40–11 h	»	0,027	0,037	0,044	0,052	0,060
	10 »	15 h 30–16 h 50	»	0,030	0,039	0,045	0,052	–
	11 »	9 h 30–11 h 30	Lég. nuages	0,026	0,030	0,035	0,044	0,049
	13 »	10 h–11 h 30	Couvert	0,034	0,046	0,052	0,065	–
	13 »	15 h–16 h 30	Lég. nuages	0,031	0,038	0,050	–	–

TABLEAU II.

λ Å.	$k\,m^{-1}$.	$\gamma\,m^{-1}$.	t.	xm.
4 200	0,032	0,074	0,986	31
4 100	0,034	0,078	0,985	29
4 000	0,035	0,081	0,985	29
3 900	0,038	0,088	0,983	26
3 800	0,042	0,097	0,981	24
3 700	0,046	0,106	0,980	22
3 600	0,050	0,115	0,978	20
3 500	0,055	0,127	0,975	18
3 400	0,066	0,152	0,970	15
3 300	0,070	0,161	0,968	14
3 200	0,072	0,164	0,967	14
3 100	0,067	0,154	0,970	15

Le tableau III groupe l'ensemble des résultats concernant le rayonnement H diffusé horizontalement et le rayonnement B diffusé de bas en haut à la verticale, sous la forme log(V/H) et log(V/B), où V désigne le rayonnement venant verticalement de haut en bas; il n'est pas possible de mettre en évidence une variation systématique avec la profondeur de la répartition spatiale du rayonnement, mais il semble que la proportion du rayonnement diffusé diminue légèrement avec la longueur d'onde.

TABLEAU III.

	$\log_{10}\frac{V}{B}$					$\log_{10}\frac{V}{H}$				
λ(Å).....	4 000.	3 800.	3 600.	3 400.	3 200.	4 000.	3 800.	3 600.	3 400.	3 200
A o m...	1,70	1,80	1,81	1,89	1,83	0,87	0,89	1,04	1,09	–
	1,40	1,59	1,65	1,76	–	0,62	0,75	0,78	0,83	0,99
	1,50	1,54	1,63	1,71	–	0,66	0,70	0,76	0,83	0,90
A 5 m...	1,81	1,83	2,20	2,26	–	1,08	1,29	1,50	1,71	–
	–	1,37	1,43	1,49	–	–	–	0,65	0,74	0,76
A 10 m...	1,56	1,65	1,83	2,10	–	0,71	0,84	0,99	1,25	–
	–	1,49	1,51	1,66	–	–	0,98	1,05	1,12	1,31
	–	–	–	–	–	0,73	0,81	0,87	0,88	–
	1,53	1,68	1,56	1,52	–	0,69	0,71	0,76	0,88	–
	1,14	1,18	1,24	–	–	0,50	0,43	0,83	–	–
	1,37	1,51	1,49	–	–	0,73	0,76	0,88	–	–
A 15 m...	1,60	1,46	1,47	–	–	0,96	0,97	1,06	1,12	–
A 20 m...	–	1,49	–	–	–	–	0,93	1,14	1,19	–
	1,60	–	–	–	–	1,08	1,12	1,15	1,14	–
	1,12	–	–	–	–	0,90	1,01	1,04	–	–
	1,10	–	–	–	–	0,88	1,03	0,97	–	–
A 30 m...	–	–	–	–	–	1,28	1,38	1,40	–	–
A 40 m...	–	–	–	–	–	–	1,21	0,88	–	–
	–	–	–	–	–	0,99	0,87	–	–	–
	–	–	–	–	–	0,64	0,70	–	–	–

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la membrane moyenne des ponctuations dans le xylème secondaire de quelques Dicotylédones.* Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Raoul Combes.

Les membranes moyennes des ponctuations aréolées du bois des Dicotylédones ne paraissent se maintenir étanches que s'il subsiste d'un côté au moins, une cellule vivante. Entre cellules mortes (éléments de vaisseaux, trachéides, fibres) elles se réduisent à une trame infra-microscopique dont la continuité et la persistance-même sont incertaines.

Les différenciations membranaires dans le « bois » des Dicotylédones ont fait l'objet de nombreuses publications. Les parties les plus étudiées sont probablement les membranes terminales des cellules vasculaires, dont le percement réalise les vrais vaisseaux, et les ponctuations de divers types, simples, aréolées ou semi-aréolées, selon la nature des cellules contiguës. Ces recherches ont été de grand intérêt théorique (phylogénie des plantes vasculaires) et pratique (diagnose des espèces, propriétés industrielles des bois).

L'étude des membranes terminales a montré que les perforations d'où

naissent les vaisseaux résultent de ponctuations terminales particulières, dont la membrane moyenne est détruite lors de la différenciation.

Ces mêmes cellules, éléments constitutifs des vaisseaux, portent latéralement de nombreuses ponctuations aréolées, que l'on se représente habituellement pourvues d'une membrane moyenne continue. Cette même idée a longtemps subsisté dans le cas des Gymnospermes où, cependant, Bailey ([1]), puis Frenzel ([2]), avaient décelé des perforations.

Après avoir recherché l'origine de ces perforations chez *Pinus silvestris* ([3]), nous avons tenté l'étude de la membrane moyenne dans les ponctuations du bois de quelques Dicotylédones de familles diverses : *Castanea vulgaris, Quercus pedunculata, Betula alba, Aesculus hippocastanum, Acer pseudoplatanus, Salix cinerea, Sambucus nigra, Robinia pseudacacia, Liriodendron tulipifera* et *Magnolia grandiflora*. Dans ces divers exemples, le comportement des membranes moyennes permet de distinguer deux catégories de ponctuations : celles qui concernent au moins une cellule vivante sur les deux cellules contiguës (cellules de parenchyme vasculaire), et celles qui se trouvent entre deux cellules mortes au terme de leur différenciation (éléments de vaisseaux, trachéides, fibres).

Dans le premier cas, la membrane primaire issue du cambium se maintient intacte et conserve ses propriétés de colorabilité, notamment par le rouge de ruthénium. On la trouve dans les ponctuations symétriques, peu ou non bordées, entre cellules de parenchymes vasculaires (*fig.* 1), et dans les ponctuations plus ou moins dissymétriques entre parenchymes et soit vaisseaux, soit trachéides, soit fibres (*fig.* 3, *m*). Les préparations cytologiques (méthode de Regaud), montrent que, contre la membrane moyenne de la ponctuation, le cytoplasme vivant réalise un épaississement de la pellicule ectoplasmique, quelque peu analogue à celui qui constitue les synapses dans les cribles du liber (*fig.* 3, *p*). Ici, cependant, la membrane *persiste en demeurant* robuste.

L'étude des membranes moyennes des ponctuations entre cellules mortes est beaucoup plus difficile. Avant la fin de la différenciation, donc avant la mort de ces cellules, très près du cambium, la membrane primaire, débordée par les dépôts secondaires qui forment les lèvres de l'aréole, s'amincit considérablement, alors *que les couches secondaires ne sont pas encore lignifiées*. L'amincissement respecte seulement la circonférence qui limite la chambre aréolaire (*fig.* 2 et 4).

Presque soudainement, la membrane primaire échappe à l'observation microscopique, de profil comme de face. Ce fait tient non seulement à son extrême finesse, mais encore à une perte d'affinité pour les colorants. Les colo-

---

([1]) *Bot. Gaz.*, 52, 1916, p. 133-142.
([2]) *Planta*, 8, 1929, p. 642-665.
([3]) *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1667.

rations mitochondriales, qui teignent fortement les lamelles moyennes, ne permettent pas de la déceler mieux que le rouge de ruthénium ou le bleu de méthylène. Il semble que l'amincissement de la membrane comporte au moins la disparition des composés pectiques. Ceci donne à penser qu'il n'en subsiste

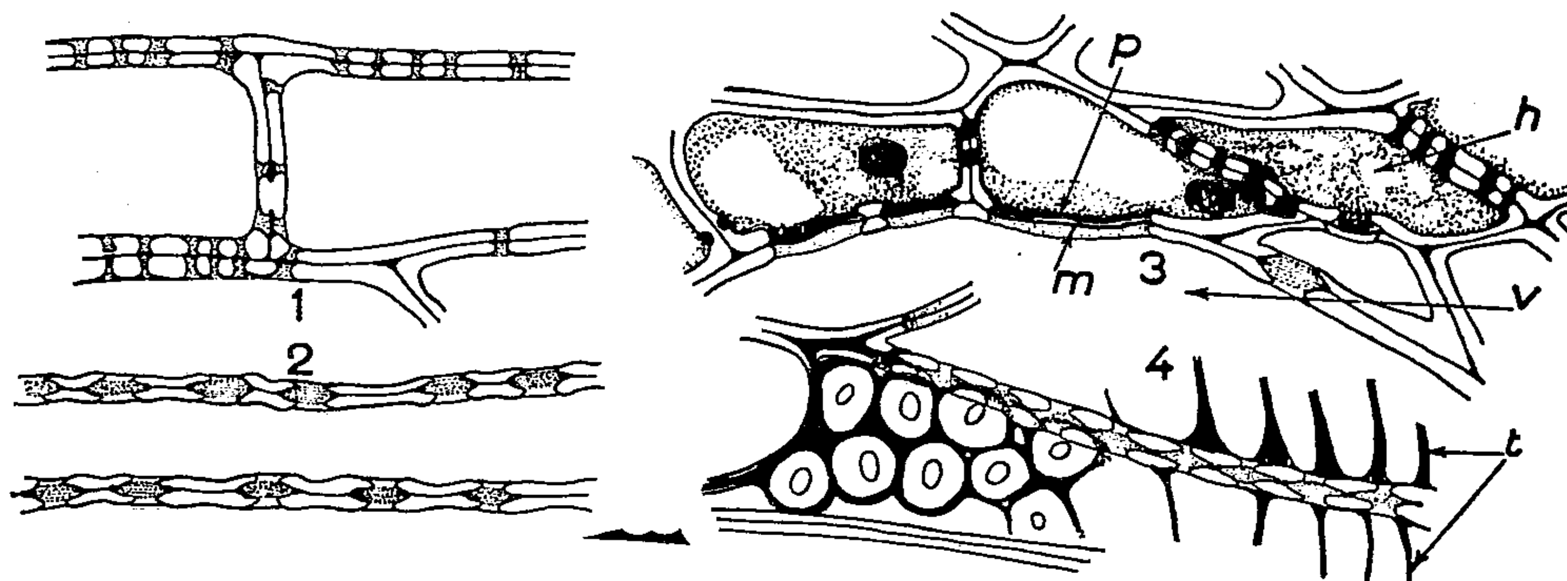


Fig. 1-2-3. — *Castanea*, ponctuations entre cellules de parenchyme vertical (*fig.* 1); entre trachéides (*fig.* 2); entre parenchyme horizontal (*h*) et vaisseau (*v*), en coupe transversale (*fig.* 3). Fig. 4. — *Aesculus*, ponctuations latérales entre vaisseaux (face et profil) et renforcements membranaires tertiaires (*t*). *m* : membranes moyennes; *p* : pellicules ectoplasmiques épaissies.

qu'une trame inframicroscopique dont la porosité est fort probable. L'observation d'un grand nombre de profils suggère également que cette trame doit elle-même disparaître dans beaucoup d'aréoles (*fig.* 4). Une étude plus précise nécessiterait le secours de la microscopie électronique.

Les aréoles des parois latérales séparant entre eux vaisseaux, trachéides et beaucoup de fibres seraient alors physiologiquement plus voisines des perforations des membranes terminales des éléments de vaisseaux que des ponctuations closes qui séparent les cellules vivantes. Un vaisseau n'est vraisemblablement pas un tube à paroi étanche, mais communique, librement et sur toute sa longueur, avec les trachéides (chez *Castanea*) ou les autres vaisseaux qui lui sont contigus (rare chez *Castanea*, moins rare chez *Quercus*, habituel chez les autres espèces étudiées). Les liquides circulant dans le xylène ne trouveraient alors d'autres obstacles que les cellules vivantes, avec lesquelles ils sont en contact par les ponctuations, le plus souvent dissymétriques, à forte membrane primaire, qui séparent les deux systèmes de parenchymes, horizontal et vertical, de l'ensemble poreux des cellules mortes.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Comparaison des actions exercées par l'adénine, l'adénosine et l'acide adénylique sur la division des cellules végétales.* Note de Mme **Micheline Deysson**, présentée par M. René Souèges.

La comparaison des actions exercées, dans les mêmes conditions et sur le même matériel, par l'adénine, l'adénosine et l'acide adénylique permet de constater que ces trois corps sont des inhibiteurs préprophasiques d'égale activité, mais que, en outre, l'adénine est un poison mitoclasique tandis que l'acide adénylique exerce, pour des concentrations assez faibles, une action léthale rapide.

Dans une Communication récente [1], nous avons rapporté le résultat de recherches effectuées sur l'action exercée par l'adénine (6-aminopurine) sur la croissance et l'activité mitotique de divers végétaux. Utilisant des solutions de concentrations régulièrement croissantes, nous avons observé d'abord une action stimulante, puis une action dépressive; celle-ci consiste primitivement en une simple inhibition préprophasique, puis s'accompagne d'un blocage en fin de prophase qui peut aller jusqu'à une action stathmocinétisante générale. Lorsque les concentrations s'élèvent encore, le blocage est plus brusque et les mitoses conservent un aspect normal; dans ces conditions, la chromatine elle-même est altérée et, lorsque l'interruption du traitement permet la reprise de l'activité mitotique, on observe des ponts chromosomiques et, plus rarement, des fragmentations de chromosomes, la proportion de ces altérations restant cependant toujours assez faible.

L'adénine étant l'un des éléments qui interviennent dans la synthèse des acides nucléiques, il était intéressant d'étudier comparativement l'action de corps constituant des étapes de cette synthèse; parmi ceux-ci, nous avons choisi un nucléoside : l'adénosine (adénine-*d*-riboside) et un nucléotide, l'acide adénylique (acide adénosine-3-phosphorique).

Dans la comparaison des actions observées, il est nécessaire de tenir compte des poids moléculaires de ces composés, qui sont respectivement de 135,1, 267,3 et 365,2; les concentrations que nous indiquerons ici seront donc toutes exprimées en adénine.

Les principaux résultats obtenus sur les méristèmes radiculaires de l'*Allium Cepa* L. peuvent être groupés dans le tableau suivant :

Concentrations.	Adénine.	Adénosine.	Acide adénylique.
10^{-5}........	Stimulation de la croissance	Ralentissement de la croissance par inhibition de l'élongation cellulaire	Pas d'action
5.10^{-4}......	Inhibition préprophasique partielle	Inhibition préprophasique partielle + inhibition de l'élongation	Inhibition préprophasique partielle suivie de mort rapide
10^{-3}........	*id.* + action stathmocinétisante totales	*id.* + ralentissement prophasique	Action léthale rapide (en moins de 4 h)
5.10^{-3}......	*id.*	*id.*	
$>5.10^{-3}$....	Altération de la chromatine (ponts chromosomiques et fragmentations).		

[1] *Bull. Soc. bot. Fr.*, 101, 1954 (sous presse).

L'examen de ce tableau permet de dégager les faits suivants :

1. Seule, l'adénine est capable, à des concentrations faibles, d'exercer une action mito-excitatrice.

2. L'apparition d'une inhibition préprophasique partielle s'observe dans les mêmes conditions pour les trois corps.

3. L'existence d'une activité mitoclasique ne se rencontre que chez l'adénine. Rappelons que cette activité est importante et que toutes les métaphases sont représentées par des stathmocinèses à chromosomes très contractés. Parmi les dérivés des acides nucléiques que nous avons étudiés jusqu'à présent, l'adénine est le premier qui soit doué d'une telle activité stathmocinétisante.

4. L'apparition d'altérations de la chromatine, qui se traduit par des ponts chromosomiques résultant d'agglutinations ou de pseudochiasmas et par des fragmentations chromosomiques, ne se rencontre aussi qu'avec l'adénine. Mais il importe de souligner que ces propriétés ne se manifestent qu'avec des concentrations élevées en adénine et qu'il est impossible de mettre en œuvre des solutions d'adénosine et d'acide adénylique de concentration isomoléculaire, par suite de leur solubilité plus faible ou de leur toxicité trop brutale.

5. L'adénosine est seule capable d'inhiber l'élongation cellulaire avant toute action mitodépressive; dans des conditions comparables, l'adénine provoque, au contraire, une stimulation de la croissance des racines.

6. Enfin, l'action de l'acide adénylique se singularise par le fait que ce corps se montre très rapidement léthal à partir d'une concentration relativement faible.

Nos résultats sont en accord avec certaines indications partielles fournies antérieurement par divers auteurs (1). Bien que nous n'ayons mis en œuvre que certains des dérivés physiologiques de l'adénine et que, en particulier, nous n'ayons pas étudié de dérivés du désoxyribose, nous pensons pouvoir conclure, d'après ces résultats, que l'inhibition préprophasique observée correspond à un trouble du métabolisme des acides nucléiques, tandis que l'action mitoclasique de l'adénine, d'une part, et l'action léthale de l'acide adénylique, d'autre part, sont étrangères à ce métabolisme.

---

(1) J. BIESELE, R. BERGER, M. CLARKE et L. WEISS, *Exper. Cell. Res.*, supp. 2, 1952, p. 279-303; A. HUGHES, *Exper. Cell. Res.*, 3, 1952, p. 108-120; B. KIHLMAN, *Symbol. Bot. Upsal.*, 11, 1952, p. 1-96.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Malvacées. Développement de l'embryon chez les* Lavatera. Note de M. **André Lebègue**, présentée par M. René Souèges.

L'embryogenèse de quatre espèces du genre *Lavatera* est semblable à celle qui a été décrite chez le *Malva rotundifolia*. On peut espérer retrouver chez les Malvacées des caractères embryologiques homogènes et bien définis. Les différences secondaires rencontrées pourront servir à la comparaison des genres à l'intérieur de la famille.

Depuis les recherches fondamentales de R. Souèges sur le *Malva rotundifolia* L., en 1922 (¹), les Malvacées ne semblent pas avoir fait l'objet d'investigations embryologiques. Il n'était pas inutile d'examiner les modalités du développement chez d'autres espèces, d'une part pour vérifier si le type décrit chez le *Malva* se retrouve dans toute la famille et pour déterminer, d'autre part, l'étendue des variations possibles. Aussi avons-nous suivi l'embryogenèse de quatre espèces appartenant au genre *Lavatera : L. trimestris* L., *L. cretica* L., *L. olbia* L., *L. thuringiaca* L. Nous décrirons les phénomènes observés chez le *L. trimestris*, l'édification embryonnaire des trois autres espèces, dont les dessins seront publiés ultérieurement, ne présentant que des différences minimes.

Des bipartitions successives conduisent à une tétrade en T de la catégorie A_2 (*fig.* 1 à 3), puis à l'embryon octocellulaire et à la forme à seize cellules (*fig.* 4 à 7) disposées en cinq étages *q*, *m*, *n*, *o*, *p*. La paroi de segmentation qui divise chacune des cellules quadrants est oblique. Elle isole deux cellules, l'une α, adjacente à l'axe, l'autre β, reposant sur la cloison horizontale inférieure (*fig.* 6). L'étage supérieur *q* engendre la partie cotylée *sensu lato*. Fréquemment la paroi qui sépare les éléments α et β est presque horizontale. Il en résulte, en quelque sorte, l'ébauche d'un étage cellulaire supplémentaire, nettement visible dans l'embryon plus âgé représenté en 20, ce qui semble conduire, par voie de conséquence, à une modification dans la distribution des potentialités constructives. L'étage *m* donne l'axe hypocotylé. Les initiales de l'écorce au sommet radiculaire sont issues de l'étage *n*. L'édification de la portion terminale de l'écorce de la racine se produit à partir d'un groupe de nombreux éléments qui, dans la figure 26, sont disposés en trois assises. Flahault (²) les a signalées dans les racines développées du *L. trimestris*. Aux dépens de *o* se constitue la partie centrale d'une coiffe épaisse (*fig.* 12 à 26). Les étages *m* et *n* contribuent à l'édification des portions latérales de ce tissu (*fig.* 26). Enfin le blastomère *p* est à l'origine d'un suspenseur massif dont on suit l'édification sur les dessins 10 à 26.

Ainsi, comme le *Malva rotundifolia*, les *Lavatera* se rangent dans la première période du système embryogénique et suivent les lois du mégarché-

---

(¹) R. Souèges, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 1435.
(²) C. Flahault, *Ann. Sc. nat. Bot.*, 6e sér., 6, 1878.

type II. On peut donc se demander si les Malvacées ne formeraient pas, du point de vue embryologique, une famille homogène et bien définie. Les différences que l'on peut établir sont secondaires quoique nettes.

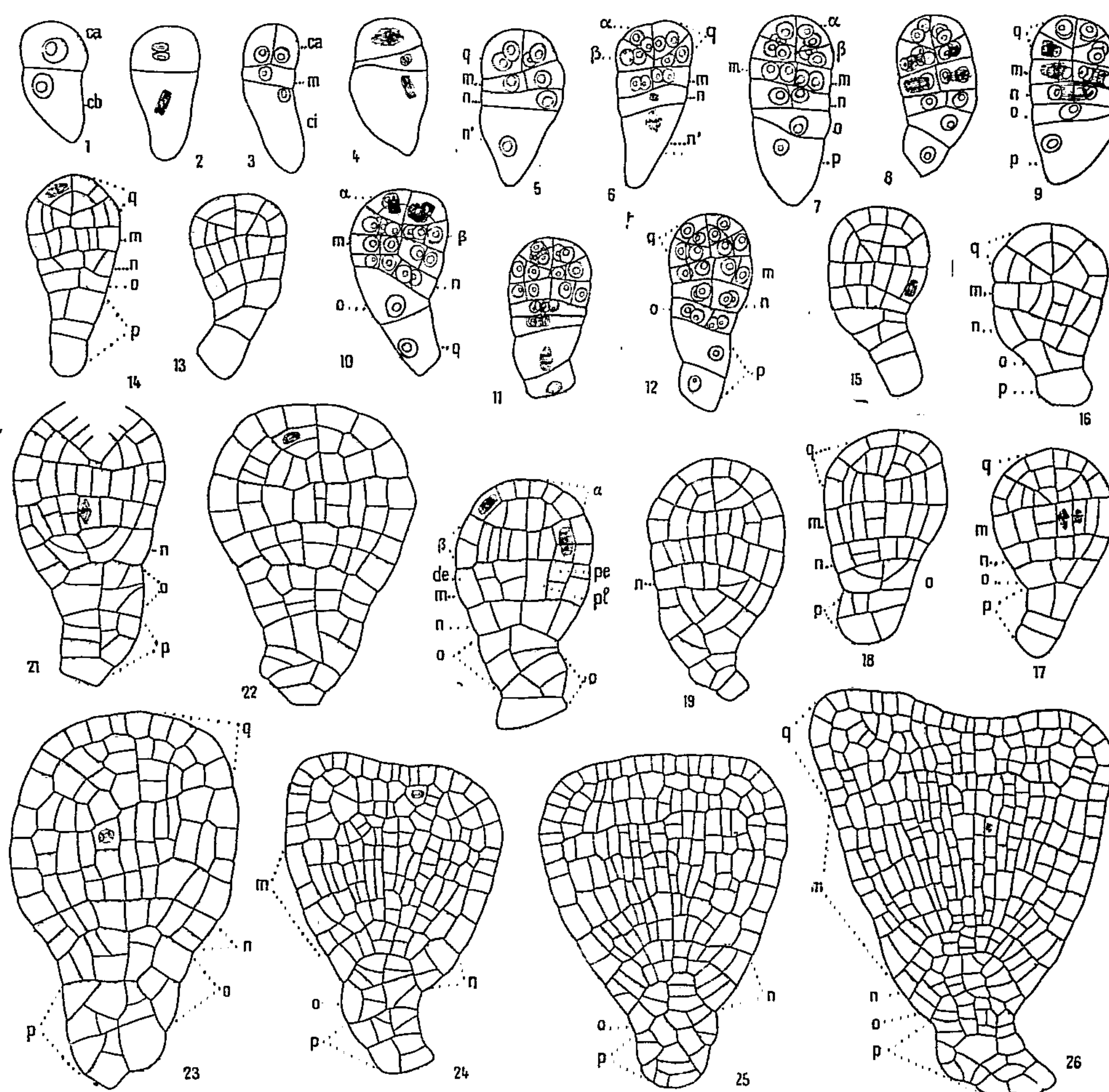


Fig. 1 à 26. — *Lavatera trimestris* L. — Embryogenèse : *ca* et *cb*, cellules apicale et basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire de la tétrade; *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *q*, quadrants; *α* et *β*, cellules-filles des quadrants; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome. Gr. : 250.

Elles portent sur la direction plus ou moins oblique des premières cloisons établies dans les quadrants, sur le nombre d'assises d'initiales d'écorce au sommet radiculaire, ainsi que sur les caractères du suspenseur qui est ici plus massif. On pourrait en tirer profit pour comparer entre eux les différents genres et espèces rangés chez les Malvacées, comme pour essayer de définir, à l'intérieur de la famille embryogénique, les groupements d'espèces qui, présentant une embryogenèse semblable, n'en

sont pas moins rangées dans des familles botaniques distinctes, comme par exemple les Urticacées et les Composées (3).

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Anomalie d'une fronde de* Ceterach officinarum *Willd. né en culture expérimentale*. Note de Mme **Lily Rohlfs**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Présence d'une fronde bifurquée sur un *Ceterach officinarum* de Forcalqueiret (Var), plante née de spores et élevée au Laboratoire. L'anomalie est individuelle et provient de l'allongement et de la division du limbe d'une pinnule basale.

Depuis cinq siècles, *Ceterach officinarum* est connu comme plante non cultivée, cependant répandue de l'Irlande à la zone méditerranéenne, d'où l'étymologie de son nom : *chetrak*, en arabe.

Nous avons récolté *Ceterach* dans des stations assez variées, en Bretagne (Mont-Dol), en Maine-et-Loire (Sainte-Gemmes), dans la Sarthe (Fresnay-sur-Sarthe), en Dauphiné (environs de Grenoble), dans le Var (Forcalqueiret et Anthéor), dans le Tarn (Cordes), dans le Tarn-et-Garonne (environs de Caylus), en Haute-Marne et dans le Jura.

Il vit toujours dans des conditions de développement qui en font une plante naine, reconnue sous ses différents aspects et dès la seconde fronde (1), grâce à la présence d'écailles plus ou moins fauves, à reflets irisés et formées d'une seule couche de cellules, caractères qui définissent le genre pour tous les auteurs.

Cette Fougère n'a été figurée que de rares fois; nous la voyons déjà dans Dioscoride (2), sous le nom d'*Asplenum* et d'après Pritzel, dans Sturm (3) et Luerssen (4). Les caractères de cette plante sont si particuliers qu'il n'y a jamais eu d'ambiguïté pour sa détermination par les botanistes et elle reste indépendante des autres tribus de Filicinées.

Il arrive cependant que ces caractéristiques constantes dans l'habitat actuel normal ne sont pas obtenues dans nos cultures exposées à la lumière du Laboratoire de la Sorbonne. Nous en figurons, dans ce texte, un exemplaire très vigoureux qui possède, en plus des caractères propres au genre, une fronde nettement bifurquée (*figure*), sans qu'il y ait eu la moindre lésion. Sur l'ensemble des neuf frondes composant la touffe de ce *Ceterach* provenant de

(3) R. Souèges, *Embryogénie et Classification*, 3e fascicule; *Essai d'un système embryogénique*, Partie spéciale, 1re période du système, Paris, 1948.

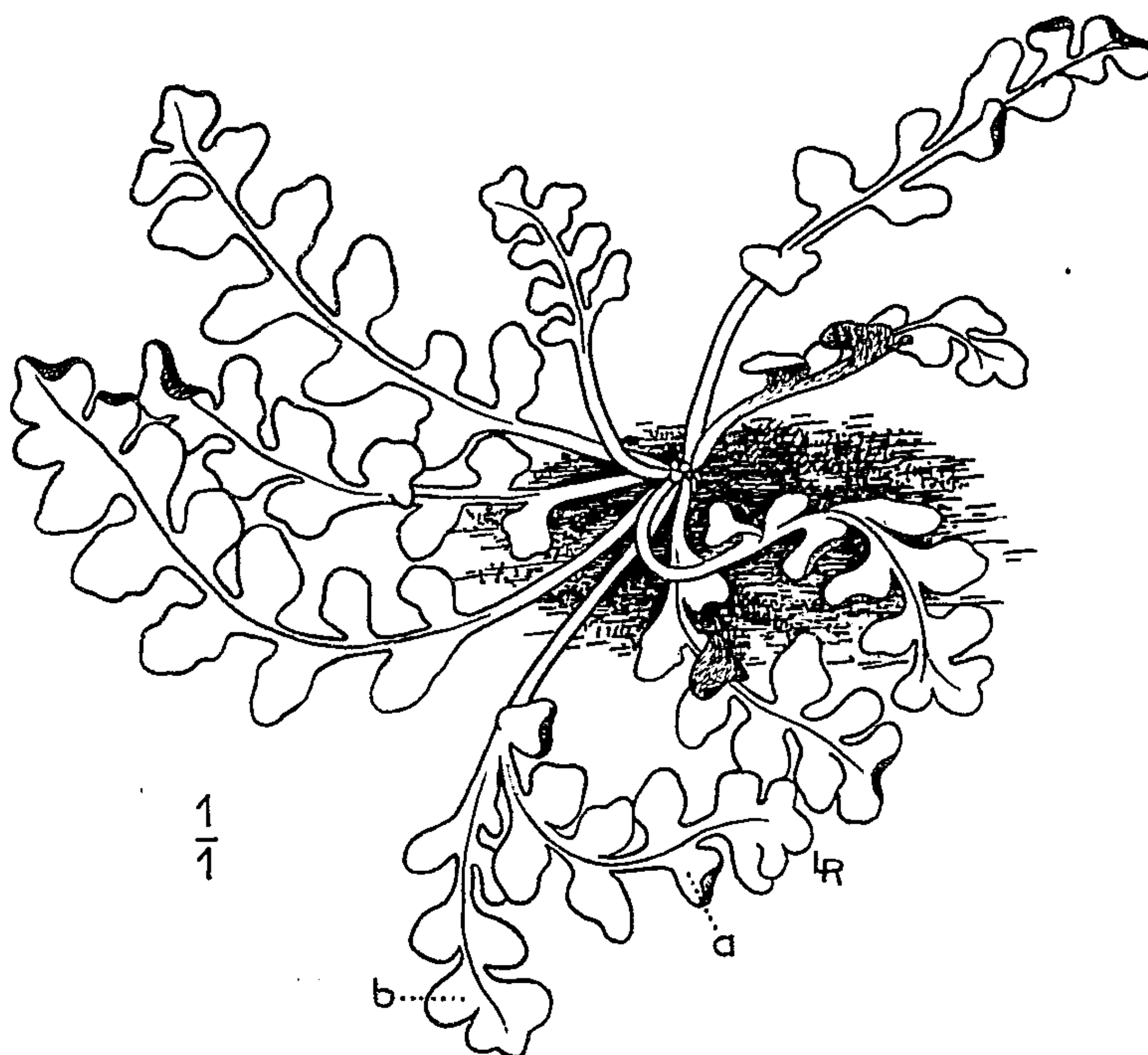
(1) L. Rohlfs, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1634; 237, 1953, p. 1757.

(2) Matthioli, *Opera*, *Bâle*, 1524, p. 646.

(3) *Flora Deutschland's*, d'après G. Pritzel.

(4) *Die Farnpflanzen*, 1889, p. 288.

spores de Forcalqueiret (Var), une fronde se présente sous cette forme bifide : la branche *a* semble être la fronde principale et la ramification *b*, plus courte, nous paraît provenir du développement intense et anormal de la deuxième pinnule basale de la fronde *a*. Notre opinion s'appuie sur le fait que la ramification *b* se termine, à son point d'attache sur la fronde *a*, par une lame étalée, qui, à notre avis, est la base confluente habituelle d'une pinnule normale de *Ceterach*.



Malgré la taille notable des premières frondes (5 à 6 cm), nous n'avons pas trouvé de traces de sporanges.

Notre Fougère provient de la germination, au Laboratoire, de spores formées sur des *Ceterach* récoltés à Forcalqueiret (Var) le 24 avril 1952 et élevés, au début de mai, au Laboratoire de la Sorbonne. De très nombreux prothalles se formèrent et donnèrent naissance à quelques plantes qui, adultes, présentent des frondes dont la longueur varie de 2 à 6 cm. Ces individus nous fournissent un type de comparaison avec d'autres *Ceterach* récoltés dans l'Ouest et dans le Midi de la France.

Lors de la récolte de ce *Ceterach*, nous avions été frappée par la variété des stades de développement de cette plante qui croissait dans une fente verticale d'un massif rocheux calcaire.

Il y a donc, pour une lignée de *Ceterach officinarum* née à Forcalqueiret, une tendance à subir des ralentissements de croissance selon le substratum. La

roche calcaire ayant résisté à de nombreuses pluies depuis des siècles, les infiltrations y ont déposé des débris végétaux et surtout y ont entraîné une terre légère, rougeâtre, donc à base ferrugineuse. Or, nous avons constaté que l'obtention de nos plantes adultes était due, en partie, à la culture sur la terre d'origine et il est possible que la présence de traces de calcaire, partout où nous avons trouvé des colonies de *Ceterach*, soit en rapport avec la germination rapide des spores suivie du développement de plantules.

Cette anomalie plutôt rare peut être considérée comme purement individuelle, puisque les autres plantes issues des spores du même *Ceterach* de Forcalqueiret, n'ont pas présenté, jusqu'à présent, la moindre tendance à prendre ce caractère singulier.

GÉNÉTIQUE. — *Nouveaux hybrides d'*Iris Pogocyclus. V. *Recroisements de* Pogocyclus $2n$ *et* $4n$ *par les* Pogoniris grands $4n$. Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

La fertilité augmente avec les doublements chromosomiques d'origine ♀ qui sont signalés chez des hybrides issus du recroisement de l'*I. W. Mohr*, *Pogocyclus* $2n$, par les *Pogoniris* $4n$ (R_1); à la suite d'anomalies méïotiques, certains ne transmettent à leurs descendants (R_2) qu'une partie de leur stock chromosomique *Oncocyclus*, altération dont on reconnaît les traces morphologiquement.

Depuis une dizaine d'années, les hybrides *Pogocyclus*, réalisés entre *Oncocyclus* (*Gatesii*, etc., $n = 10$) et *Pogoniris Grands* (*plicata*, $n = 12$ et *macrantha*, $n = 24$), ont fait de réels progrès. C'est à partir du magnifique *I. W. Mohr* (*plicata* × *Gatesii*), *Pogocyclus* diploïde ($2n = 22$), que les résultats sont les plus marquants; ses descendants ont souvent une valeur décorative accrue et une réelle fertilité. Il en résulte que, chaque année, de nombreux recroisements sont tentés, surtout aux États-Unis. Ainsi, Reinelt (1940) a obtenu *Capitola* (*W. Mohr* × *Ibmac*), un nouveau *Pogocyclus* $4n$. D'autre part, le premier recroisement (R_1) de *W. Mohr* × *Pogoniris Grands* $4n$ ($n = 24$) a donné de très belles plantes : *Elmohr*, *Grace Mohr*, *Mohrson*, *Ormohr*, etc., à $2n = 46$-47, d'après Randolph [1]. Nous avons montré [2] que d'autres *Pogocyclus*, tels *Lady Lilford* (Foster) et *Congrès* (Cayeux), également à $2n = 46$-47, résultent du même recroisement (R_1) de *Pogocyclus* $2n$ par des *Pogoniris Grands* $4n$.

Dans la présente Note, nous étudions plusieurs hybrides que nous avons obtenus et d'autres reçus récemment de leurs obtenteurs.

Nous avons recroisé l'*I. W. Mohr* ($2n = 22$) par les *Pogocyclus* $4n$ ($n=22$), puis par les *Pogoniris Grands* $4n$. Du premier, *W. Mohr* × *Ibmac* nous

(1) *Amer. Iris Soc.*, nº 95, 1944, p. 37 et nº 107, 1947, p. 68.

(2) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1426.

élevons deux plantes normalement tétraploïdes à $2n = 44$ (♀ $2n = 22$ + ♂, $n = 22$: $2n = 44$), alors que *Capitola*, de même parenté, peut être hypotétraploïde à $2n=43$. Dans le second cas, *W. Mohr* × *Jean Cayeux* a donné deux plantes l'une à $2n=46$, l'autre à $2n=47$. En étudiant un hybride de Schreiner (1943) de même origine, l'*I. Suez* (*W. Mohr* × *M*[me] *Louise Aureau*), nous avons également trouvé $2n=46$ (♀ $2n = 22$ + ♂ $n = 24$: $2n = 46$).

Ces croisements R_1 (*Lady Lilford*, *Congrès*, *Ormohr*), issus de *Pogocyclus* 2 *n* et de *Pogoniris Grands* 4 *n*, ont été à leur tour recroisés plusieurs fois (R_2, R_3, R_4) par des *Pogoniris Grands* 4 *n* (*Alcazar*, *Helios*, *Lalo*, *Purissima*, *Red Cross*, *Vision* et *Zingarella*) par nous et par d'autres.

Ainsi, nous avons obtenu (R_2) : *Lady Lilford* × *Alcazar*, *Congrès* × *Lalo* et *Elmohr* × *Zingarella*. Dans le premier cas, l'unique individu est à $2n=49$, dans le second cas, les quatre plantes en culture ont respectivement $2n=46$, 49, 50 et 52; dans le troisième cas, sur deux plantes, la seule étudiée est à $2n = 48$. Nous avons encore examiné un hybride de Kleinsorgue (1943) de même filiation R_2, l'*I. Illusion* (*Ormohr* × *Red Cross*) qui est à $2n=48$.

Les *Pogocyclus* 4 *n* (*Ibmac* et *Capitola*), totalement ♂ fertiles, ont été également croisés avec les *Pogoniris Grands* 4 *n* pris comme géniteurs ♀. A partir d'*Ibmac*, nous avons déjà obtenu *Antipolis* et *Marjoris* (*Purissima* × *Ibmac*) à $2n = 46$ (3). On connaît des hybrides équivalents avec *Capitola* : les *I. Lady Mohr* et *Miss Muffet* de Salbach sont à $2n = 45$ (1). Nos études ont montré que les hybrides récents de Jory et de Craig : *Blue Elegance*, *Morning-Blue* et *Peg Dabagh* (*Purissima* × *Capitola*) sont aussi à $2n = 45$ (2). Nous venons de combiner : *Vision* × *Capitola* et *Jean Cayeux* × *Capitola*; dans le premier cas, sur cinq plantes, trois sont à $2n = 45$, une est à $2n = 46$ et l'autre à $2n = 47$; dans le second cas, les deux plantes obtenues sont à $2n = 45$. De plus, nous avons recroisé ces R_1 de *Pogocyclus* 4 *n* par les *Pogoniris Grands* 4 *n* : *Antipolis* × *Jean Cayeux*, *Antipolis* × *Helios*, *Blue Elegance* × *Jean Cayeux* et *Morning Blue* × *Jean Cayeux* qui, dans l'ordre, sont à $2n = 48$, 46, 46 et 52. Enfin, Jory a associé différentes filiations de *Pogocyclus*. Nous avons étudié : *Mont-Ararat* à $2n = 51$ (*Grace Mohr* × *Miss Muffet*), qui est un descendant entre deux R_1 de *W. Mohr* et de *Capitola*, tandis que *Gaza*, *Moab* et *Mont-Sinaï* (*Grace Mohr* × *King California*) × *Capitola*, sont respectivement à $2n = 46$, 45 et 47, et résultent de l'union d'un R_2 de *Pogocyclus* 2 *n* par un *Pogocyclus* 4 *n*.

Nos recherches confirment que les F_1 de *Pogocyclus* 2 *n*, ♂ stériles, ne se recroisent que si un doublement chromosomique ♀ a lieu avec, comme conséquence, un accroissement de la fertilité dans leurs descendants; ainsi :

---

(3) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1581.

Congrès, *Lady Lilford*, *Elmohr*, *Grace Mohr*, *Ormohr* ont un pollen qui renferme 40-60 % de grains bien conformés.

Les deux sortes d'hybrides R_1 issus des *Pogocyclus* $2n$ et $4n$ possèdent un stock $3n$ *Pogoniris* et un complément n *Oncocyclus* ($n = 12 \times 3 = 2n = 36 + n = 10 : 2n = 46$). Or, les chromosomes *Oncocyclus* et *Pogoniris* n'ont entre eux aucune affinité (4) de sorte que les éléments *Oncocyclus* sont partiellement éliminés à divers stades méiotiques des R_1; et dans les hybrides R_2 la contribution *Oncocyclus* est incomplète. Ces processus peuvent être suivis cytologiquement puisqu'il existe, dans le stock diploïde *Oncocyclus* ($2n = 20$), huit chromosomes droits, *de double longueur*; tous présents chez les *Pogocyclus* $4n$ ($2n = 44$), il n'en existe plus que 4 chez les *Pogocyclus* $2n$ ($2n = 22$); la contribution *Oncocyclus* étant diploïde chez les premiers et haploïde chez les seconds. Les quatre grands chromosomes droits se retrouvent chez les descendants R_1 des *Pogocyclus* $2n$ et $4n$ ($2n = 46$) dont la contribution chromosomique *Oncocyclus* est également haploïde, pour les premiers par suite de la formation d'ovules à nombre chromosomique non réduit.

Par suite de l'élimination partielle des chromosomes *Oncocyclus* au cours de la méiose des hybrides R_1, leurs hybrides R_2 de *Pogocyclus* $2n$ et $4n$ ne possèdent plus qu'un seul, rarement deux, de ces grands chromosomes caractéristiques *Oncocyclus*. Nous y trouvons l'explication cytologique des observations de Morris (5) concernant le faciès morphologique de ses hybrides R_2 décrits récemment.

AGRONOMIE. — *Réaction de l'*Aspergillus Niger *aux substances de croissance présentes dans la matière organique humifiée.* Note (*) de M. **Raymond Chaminade**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

La matière organique humifiée renferme des substances stimulant la croissance et la nutrition minérale des plantes supérieures (1), (2), (3), (4), (5).

Ces substances augmentent la vitesse de croissance de l'*Aspergillus Niger*.

Technique. — La formule du liquide de culture utilisée est celle proposée par Nicholas (6).

---

(4) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1544.
(5) C. Morris, *Iris Year Book*, 1948, p. 90.

(*) Séance du 8 décembre 1954.
(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1486
(2) *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 878.
(3) *Ann. de l'I. N. R. A.*, *Ann.*, n° 1, 1952, p. 95.
(4) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 119.
(5) *Ann. de l'I. N. R. A.*, *Ann. Agr.*, n° 3, 1953, p. 399.
(6) *Trans. of joint meeting comm.* II *and* IV *of Int. Soc. of Soil Sc. Dublin*, 1952, p. 158.

40 cm³ de ce liquide placés dans des cristallisoirs de 55 mm de diamètre sont ensemencés avec une suspension de spores d'une culture pure d'*Aspergillus Niger*.

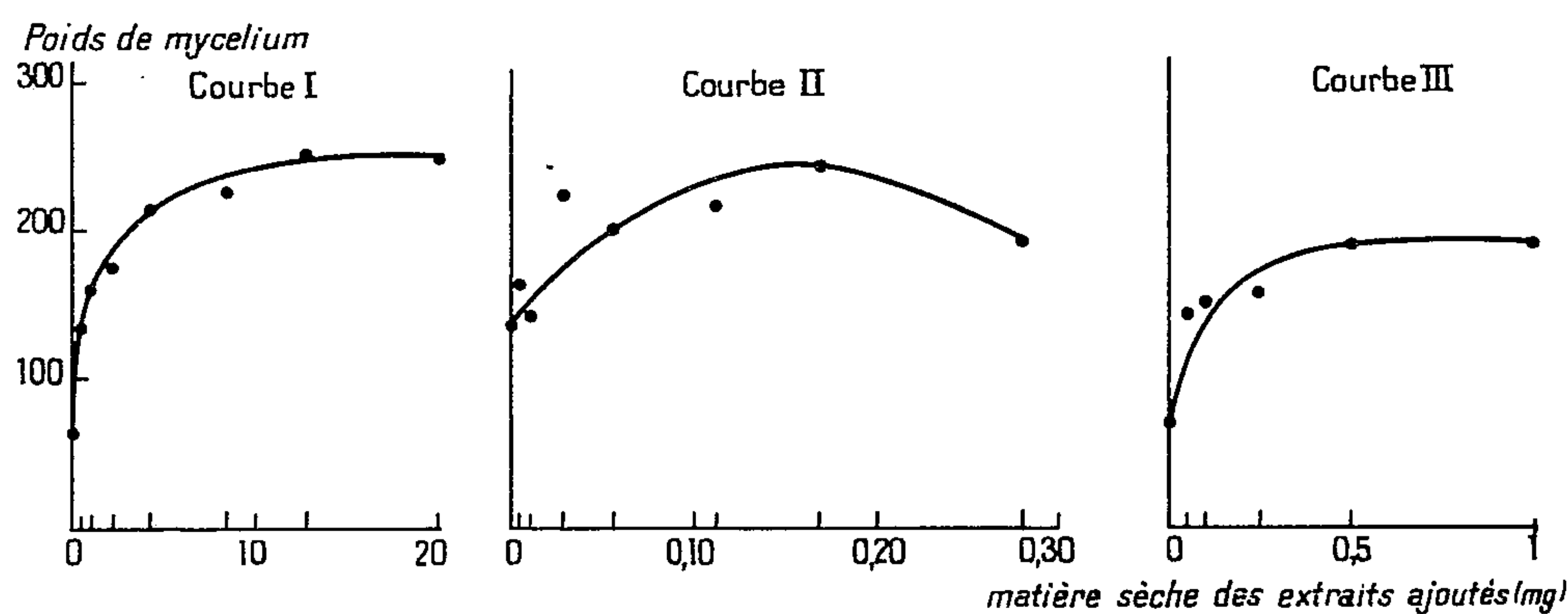
Les cristallisoirs sont placés à l'étuve à 30°. Le mycelium récolté est séché à 90°, et pesé.

Chaque série comportait six témoins et deux répétitions de chacun des traitements. Nous n'avons fait état que des résultats pour lesquels l'étude statistique donnait une probabilité supérieure à 99 %.

1. *Action d'une suspension obtenue à partir de fumier.* — Un échantillon de fumier, préparé en plaçant à l'étuve à 35° pendant onze mois de la paille de blé additionnée de trois fois son poids d'eau et de 1 % d'azote sous forme d'urée, a été placé au contact d'eau dans la proportion de 10 g de fumier pour 10 cm³ d'eau. Cette suspension filtrée sur coton de verre renfermait 4,25 mg d'extrait par centimètre cube. Elle a été ajoutée au liquide de culture dans des proportions allant de 0,425 mg de matière sèche à 21,25 mg pour 40 cm³ de milieu de culture.

Deux séries d'expériences identiques ont été réalisées. Dans l'une d'elles la récolte a eu lieu après 43 h de culture et dans l'autre au bout de 6 jours après complet développement du champignon.

La courbe I représente les récoltes obtenues après 43 h de cnlture.



Après 6 jours de culture les récoltes ont été de 0,680 g pour les témoins et de 0,519 à 0,593 g pour les échantillons, additionnés d'extrait de fumier.

On voit que l'extrait de fumier a accru très nettement la rapidité de développement de l'*Aspergillus* sans provoquer l'augmentation du rendement final. Son action ne peut donc être attribuée à l'apport d'une substance nutritive. C'est une action de stimulation.

2. *Influence d'un humate d'ammonium extrait de fumier.* — Un humate d'ammonium a été obtenu à partir du fumier précédent par lessivage à HClN/20 et addition d'ammoniaque jusqu'à neutralité. La solution filtrée

de pH 7,8, a été ajoutée dans les mêmes conditions que précédemment au milieu de culture. Les quantités d'ammoniaque — d'ailleurs minimes — apportées par l'humate à la plus forte concentration, ont été ajoutées aux témoins. Les résultats sont représentés par la courbe (II).

A partir de la dose de 28 γ l'augmentation de rendement est significative ($p > 99\%$).

Des doses dépassant 0,28 mg ont provoqué des chutes de rendement par rapport aux témoins.

L'humate d'ammoniaque s'est montré, à dose égale de matière sèche, beaucoup plus actif que la suspension obtenue à partir du même fumier.

3. *Influence d'un acide humique.* — La solution d'humate d'ammoniaque utilisée dans l'essai (II) a été additionnée d'acide chlorhydrique en quantité telle que la concentration finale soit égale à N/20.

L'acide humique précipité a été centrifugé et lavé puis remis en suspension. On a testé son action sur l'*Aspergillus* en même temps que celle de l'extrait chlorhydrique. La courbe (III) représente l'action de la suspension d'acide humique.

L'extrait chlorhydrique n'a donné aucune différence significative avec les témoins.

La substance active se retrouve donc dans l'acide humique précipité.

Conclusions. — La matière organique humifiée renferme des substances de croissance dont l'action se manifeste sur la rapidité de développement de l'*Aspergillus Niger*. Ce mode d'action est semblable à celui constaté précédemment sur les végétaux supérieurs.

Le « test *Aspergillus* » apparaît comme très sensible et rapide pour les travaux de séparation et d'isolement de ces substances de croissance.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur le bilan de l'adsorption de cations de différentes dimensions par les argiles.* Note de M. **Robert Morel**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'établissement de bilans d'adsorption d'ions de charges et de dimensions variées sur des argiles de structures différentes permet de comparer le comportement de ces ions. Il est intéressant de vérifier tout d'abord si l'échange avec les cations des argiles est équivalentaire dans le cas de chacun des cations expérimentés. En outre, pour les ions d'assez grandes dimensions, deux questions peuvent se poser : l'encombrement stérique de tels cations s'oppose-t-il à leur libre cheminement vers les surfaces plus ou moins accessibles des argiles ? Dans le cas d'une adsorption, dans quelle mesure toutes les charges de ces cations participent-elles à la saturation des charges négatives de la surface adsorbante ? Si seules certaines

Bilans d'adsorption.

Substance étudiée.	Conditions de l'expérience.				Nature de l'ion absorbé.	Bilan des ions positifs.						Bilan des ions négatifs.				Bilan général des ions dosés dans la phase liquide.			
	(a).	(b).	(c).	(d).		(e).	(f).	(g).	(h).	(i).	(j).	(k).	(l).	(m).	(n).	(o).	(p).	(q).	(r).
Type d'argile : Kaolinite.																			
ClK	5,6	5,5	5,4	24,0	K^+	6,0	7,1	–	–	7,1	+1,1	24,0	0,0	0,15	24,1	18,0	25,1	+1,0	+4,1
$Cl(NH_3CH_3)$	5,4	5,5	5,0	23,9	$(NH_3CH_3)^+$	7,2	7,4	0,05	–	7,4	+0,2	24,2	+0,3	–	24,2	16,7	24,1	-0,1	-0,4
$Cl_3[Co(NH_3)_6]$	5,6	5,5	5,1	23,9	$[Co(NH_3)_6]^{+++}$	22,6	23,3	0,05	–	23,3	+0,7	23,9	0,0	–	23,9	1,3	24,6	+0,7	+2,9
Type d'argile : Montmorillonite.																			
ClK	5,5	5,5	5,8	123,8	K^+	34,0	36,9	–	–	36,9	+2,9	125,3	+1,5	–	125,3	89,8	126,7	+1,4	+1,1
$Cl(NH_3CH_3)$	5,6	5,4	4,2	123,5	$(NH_3CH_3)^+$	44,4	44,9	0,38	–	45,3	+0,9	125,1	+1,6	–	125,1	79,1	124,4	-0,7	-0,6
$Cl_3[Co(NH_3)_6]$	5,4	5,4	3,8	123,6	$[CO(NH_3)_6]^{+++}$	100,5	97,8	2,5	–	100,3	-0,2	124,8	+1,2	–	124,8	23,1	123,4	-1,4	-1,1
Type d'argile : Vermiculite.																			
$ClNH_4$	6,1	8,2	7,3	75,8	$(NH_4)^+$	22,0	21,6	–	1,84	23,4	+1,4	74,8	-1,0	–	74,8	53,8	77,2	+2,4	+3,2
$Cl(NH_3CH_3)$	5,5	8,2	7,2	75,5	$(NH_3CH_3)^+$	13,4	12,9	–	1,37	14,3	+0,9	74,7	-0,8	–	74,7	62,1	76,4	+1,7	+2,3
$Cl_3[Co(NH_3)_6]$	5,4	8,2	7,2	75,2	$[Co(NH_3)_6]^{+++}$	63,1	60,4	–	2,7	63,0	-0,1	73,7	-1,5	–	73,7	12,1	75,1	+1,4	+1,9
Type d'argile : Sépiolite.																			
$ClNH_4$	5,9	7,6	6,2	33,8	$(NH_4)^+$	8,6	8,9	–	0,46	9,4	+0,8	34,7	+0,9	–	34,7	25,2	34,6	-0,1	-0,3
$Cl(NH_3CH_3)$	5,7	7,6	6,2	34,1	$(NH_3CH_3)^+$	9,4	9,9	–	0,47	10,4	+1,0	35,1	+1,0	–	35,1	24,7	35,1	0,0	0,0
$Cl_3[Co(NH_3)_6]$	5,5	7,6	6,0	33,6	$[Co(NH_3)_6]^{+++}$	26,7	26,3	–	1,24	27,5	+0,8	34,3	+0,7	–	34,3	6,9	34,4	+0,1	+0,3

([a]) pH de la solution du corps étudié. — ([b]) pH de la suspension d'argile utilisée. — ([c]) pH de la phase liquide après contact. — ([d]) Quantité de substance mise au contact de 100 g d'argile (en milliéquivalents). — ([e]) Quantité absorbée pour 100 g d'argile (en milliéquivalents). — ([f]) Ions Ca^{++} désorbés pour 100 g d'argile (en milliéquivalents). — ([g]) Ions H^+ désorbés pour 100 g d'argile (en milliéquivalents). — ([h]) Ions Mg^{++} désorbés pour 100 g d'argile (en milliéquivalents). — ([i]) Somme des ions positifs désorbés. — ([j]) Différence entre ions adsorbés et désorbés. — ([k]) Ions Cl^- retrouvés pour 100 g d'argile (en milliéquivalents). — ([l]) Différence entre ions Cl^- retrouvés et mis en expérience. — ([m]) Ions OH^- trouvés. — ([n]) Somme des ions négatifs. — ([o]) Ions positifs restants du corps étudié. — ([p]) Somme des ions restants + ions désorbés. — ([q]) Différence entre les ions positifs et les ions négatifs. — ([r]) Erreur pour 100 des ions mis en expérience.

charges privilégiées interviennent, on peut prévoir et l'adsorption d'un excès de cations, et une rétention partielle d'anions de la solution servant à compenser les charges positives non utilisées.

Pour cette étude, nous avons utilisé des ions potassium (K^+; rayon 1,24 Å), ammonium [$(NH_4)^+$; 1,24 Å], monométhylamine [$(NH_3CH_3)^+$; 1,48 Å] et cobaltihexammine [$(Co(NH_3)_6)^{+++}$; 2,94 Å]. Nous avons choisi comme échangeurs, en suspension dans l'eau : une kaolinite, une montmorillonite, une vermiculite et une sépiolite. Toutes ces argiles, après désaturation par ClH dilué, ont été saturées par un lavage abondant avec Cl_2Ca. Puis elles ont été mises en contact avec des solutions de chlorures des ions précités de concentration égale, dans chaque cas, à la capacité d'échange du matériel argileux mis en expérience.

Les résultats des dosages des cations adsorbés et désorbés, ainsi que des anions de la solution avant et après contact avec l'argile sont reproduits dans le tableau ci-joint.

On constate dans tous les cas que l'échange est équivalentaire pour chaque ion étudié. Ainsi 3 Ca^{++} sont remplacés par 2 $[Co(NH_3)_6]^{+++}$

Dans tous les cas, le taux d'adsorption de l'ion cobaltammine est très élevé (79 à 95 %) par rapport à celui des autres ions (25 à 29 %); il est donc peu probable qu'il y ait un empêchement stérique à la fixation de ce cation quelle que soit la diversité de structure des minéraux expérimentés. Enfin, on retrouve après chaque échange, aux erreurs d'expérience près, la quantité d'anions présente dans la solution initiale. L'ion trivalent de grandes dimensions ne présente donc pas un comportement particulier : toutes ses charges participent également à la saturation des charges négatives des argiles étudiées.

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur l'hypothermie expérimentale*. Note de M. MAURICE MAROIS, transmise par M. Robert Courrier.

La vanilline, injectée à un animal homéotherme, provoque la chute de sa température centrale. Un dérivé de l'acide allénolique présente la même propriété.

Pour obtenir expérimentalement l'hypothermie d'un animal homéotherme un des problèmes est d'empêcher l'organisme de lutter contre le refroidissement. Plusieurs méthodes ont été proposées. L'une consiste à injecter une substance chimique, la chlorpromazine, qui frapperait les mécanismes nerveux de la thermorégulation. Une autre consiste à diminuer la tension partielle de l'oxygène qui entre dans les poumons (hypoxie barométrique et hypoxie hypercapnique) (J. Giaja) [1].

---

[1] *Biologie médicale*, 42, 1953, p. 545-580.

Nous avons voulu savoir si un moyen chimique ne favoriserait pas l'hypoxie et, par ce mécanisme, l'hypothermie.

1. Nous avons choisi une substance connue pour ses propriétés à la fois antioxydante et réductrice : la vanilline. Voici nos expériences.

1° Des rats adultes mâles ou femelles, de 150 à 200 g, reçoivent en injection sous-cutanée de la vanilline en suspension dans l'eau ou en solution dans l'alcool éthylique (solution à 100 mg/cm³ d'alcool à 40°). En suspension dans l'eau, la dose de 200 mg par 100 g de poids du corps est tolérée; celle de 600 mg par 100 g est léthale; après une dose de 300, 330, 400 ou 500 mg par 100 g, certains animaux survivent, d'autres meurent. En solution alcoolique, la vanilline est léthale à partir de 125 mg par 100 g; la dose de 100 mg ne l'est pas ([2]).

Nous avons constaté que la vanilline en suspension dans l'eau ou en solution alcoolique provoque entre autres phénomènes une résolution musculaire totale et une hypothermie.

2° Nous rapportons ici nos observations chez des rats traités par une injection sous-cutanée de 100 mg par 100 g, de vanilline en solution alcoolique.

a. Animaux maintenus à la température du laboratoire (22°). 15 mn après l'injection ([3]), la température rectale s'est abaissée de 37° à 34°,5 en moyenne; elle est tombée à 32° en 30 mn, à 30° en 1 h, à 28-29° en 1 h 30; c'est entre 2 h et 3 h 30 qu'elle est la plus basse (27 à 29°). A partir de la 4ᵉ heure, la température remonte lentement. Elle oscille entre 32 et 34° à la 7ᵉ heure. Le lendemain, soit 18 à 21 h après l'injection, elle est de 37°. Les animaux ont retrouvé leur vivacité, leur activité et leur appétit, et sont en bonne santé apparente. Un seul animal sur 11, tombé à 23° en 4 h 30, était encore à 24° la 7ᵉ heure; il ne s'est pas réchauffé spontanément et il est mort le lendemain.

b. Animaux placés dans un réfrigérateur à 0°, 15 mn après l'injection. Un séjour de 1 h 15 à 1 h 30 suffit à faire baisser leur température à 20° en moyenne. Les animaux sont alors sortis du réfrigérateur. La température moyenne passe de 22 à 27° de la 2ᵉ à la 7ᵉ heure après l'injection. Le lendemain, soit entre la 17ᵉ et la 21ᵉ heure, la température normale est retrouvée chez la plupart des animaux. Si les rats sont confinés chacun dans un bocal de 3 l pendant leur séjour au réfrigérateur, l'évolution de

---

([2]) Ces doses léthales correspondent sensiblement à celles établies par W. DEICHMANN et K. V. KITZMILLER, *Journal of the American pharmaceutical Association*, *Scientif. Ed.*, 29, 1940, p. 425-428.

([3]) Par voie intra-péritonéale, la vanilline en solution alcoolique est plus active : la dose léthale est de 60 mg par 100 g de poids du corps. Des doses de 50, 40 et 30 mg sont encore hypothermisantes.

la température reste la même : le confinement n'accentue pas l'hypothermie.

3° Deux types d'animaux témoins sont utilisés.

a. Les uns reçoivent une injection sous-cutanée d'une dose subléthale (5 mg par 100 g) de chlorpromazine (solution à 5 mg/cm³). Ils sont placés exactement dans les mêmes conditions expérimentales que les animaux traités par la vanilline. L'évolution des courbes de température est superposable à celle de ces animaux. La similitude du déroulement des phénomènes ne doit pas obligatoirement faire conclure à une similitude des mécanismes d'action. Nous recherchons actuellement si d'autres substances réductrices ou antioxydantes, sont hypothermisantes.

b. D'autres rats témoins ne reçoivent aucun traitement; le confinement dans un bocal de 3 l à la température du laboratoire (22°) suffit à provoquer une chute de la température à 28-30° en 2 h. Si les bocaux sont placés dans un réfrigérateur à 0° (technique de Giaja), il faut 2 h pour que la température tombe à 22° en moyenne; les animaux sont alors placés à l'air libre du laboratoire : ils retrouvent leur température normale entre 1 et 2 h. Les rats placés au réfrigérateur pendant 2 h sans confinement maintiennent leur température à 37°.

2. R. K. Meyer et N. M. Mc Shan (1948) ont reconnu au diéthylstilbestrol un pouvoir antioxydant. Or H. Selye ([4]) a décrit une action « anesthésique » de nombreuses substances et en particulier du diéthylstilbestrol. L. Chedid ([5]) a étendu cette propriété à certains dérivés de l'acide allénolique. L'action anesthésique ne s'accompagne-t-elle pas d'une hypothermie ? Voici nos résultats : l'injection sous-cutanée de 30 mg par 100 g de poids du corps d'acide méthyl 2,αα diméthyl β éthylallénolique (solution contenant 20 mg/cm³ de soude N/10) provoque chez le Rat maintenu à la température du laboratoire (22°) une chute de la température rectale de 37 à 29-31° en 3 h. L'hypothermie s'est maintenue en plateau jusqu'à la 7ᵉ heure. La 21ᵉ heure, la température normale est retrouvée.

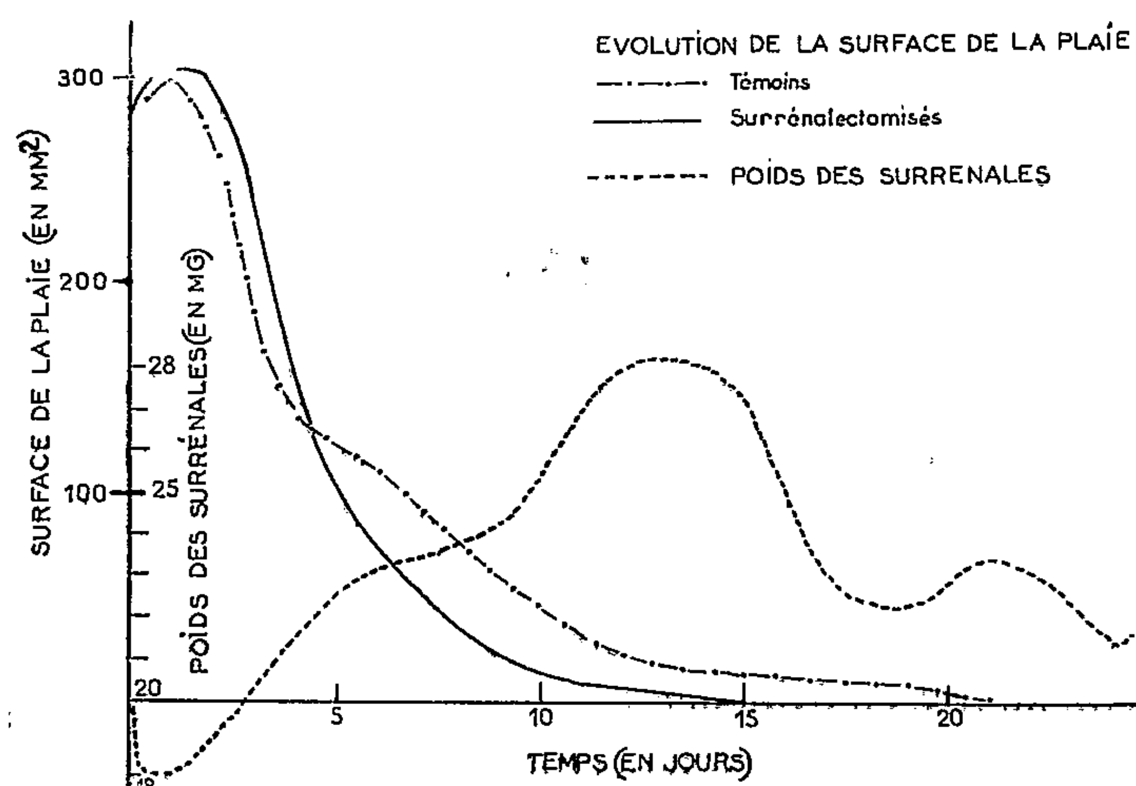
L. Chedid ([6]) a rapproché l'effet anesthésique de l'effet bactériostatique des dérivés de l'acide allénolique. Il serait intéressant de savoir si les actions anesthésique, bactériostatique et hypothermisante ne pourraient pas être attribuées à une propriété commune antioxydante.

([4]) *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 46, 1941, p. 116-121.
([5]) *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 675-777.
([6]) *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 1327-1330.

PHYSIOLOGIE. — *Effet de la surrénalectomie bilatérale sur la vitesse de cicatrisation de petites plaies cutanées chez le Rat.* Note (*) de M. **Georges-Claude Velley**, présentée par M. Robert Courrier.

Des observations antérieures ([1]), ([2]), ([4]) et ([5]) ainsi que nos recherches personnelles sur la cicatrisation des plaies cutanées chez le Rat ([3]) nous ont amené à envisager une intervention possible des surrénales dans ce phénomène. Nous avons essayé de préciser ce rôle en étudiant l'influence de la surrénalectomie sur l'évolution de la régénération de petites plaies cutanées. Des résultats différents sont obtenus dans le cas où l'on pratique des grandes plaies.

Dans le cas d'une plaie cutanée de 600 mm², on observe une mortalité d'environ 50 % des animaux. Chez les survivants, la cicatrisation est retardée. Il s'agit certainement là du rôle très important que jouent les surrénales dans la lutte contre l'état de « choc » et non plus de l'effet de la surrénalectomie sur la réparation cutanée proprement dite.



Nos expériences portent sur trois lots de 20 rats. On pratique le même jour sur 20 rats (10 témoins et 10 surrénalectomisés) une plaie cutanée de 250 mm², sur la face externe de la patte postérieure. Les surrénalectomies ont été faites

(*) Séance du 29 novembre 1954.

(1) H. Selye, *Texbook of endocrinology. Acta endocrinologica*, Montréal, 1950.

(2) D. J. Ingle et B. L. Baker, *Endocrinology*, 48, 1951, p. 764.

(3) J. Loiseleur et G. C. Velley, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2155.

(4) Ragan et all., *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.*, 72, 1949, p. 718.

(5) Toubenhauss et Auromin, *Endocrinology*, 44, 1949, p. 359.

3 jours avant. Tous les animaux reçoivent immédiatement après le traumatisme, une injection de 3,3 mg d'acétate de désoxycorticostérone.

Le tableau ci-dessous indique pour chaque série d'animaux, le nombre de plaies cicatrisées en fonction du temps (20 rats).

Temps en jours après le traumatisme.........	Nombre d'animaux cicatrisés à ce jour. 10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	Temps moyen pour la cicatrisation.
(T) *Témoins*.........	0	0	0	1	0	2	0	1	2	1	1	2	–	17 ± 4 jours
(S) Surrénalectomisés.	1	2	3	2	1	1	0	0	0	0	0	0	–	12 ± 2 jours

Il ressort de ce tableau que la surrénalectomie bilatérale influe favorablement sur la vitesse de cicatrisation des petites plaies cutanées chez le Rat.

L'examen du graphique ci-dessous montre que cette action ne s'observe qu'à partir du cinquième jour qui suit le traumatisme expérimental.

Le calcul de la tangente (tg) à la courbe de cicatrisation en fonction du temps, indique que la pente de la courbe est constante dans les premiers jours de la cicatrisation (valeur moyenne 2,5) puis la courbe s'infléchit et maintient l'inclinaison pendant un certain temps. On observe une nouvelle inflexion dans la phase finale.

Temps en jours...	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
tg Témoins...		2,5								0,9							0,14				
tg Surrénalectomisés.			2,5					0,8					0,11						–		

Par contre les périodes pendant lesquelles les valeurs de la tangente sont superposables, sont décalées dans le temps. Ainsi les deuxième et troisième périodes chez les surrénalectomisés sont nettement plus courtes que chez les témoins.

En résumé, l'étude de la surrénalectomie sur la rapidité de la cicatrisation nous a permis de mettre en évidence :

1° L'effet favorable de la surrénalectomie dans la cicatrisation des *petites plaies* cutanées chez le Rat.

2° *Trois phases successives*, dans le phénomène de la cicatrisation cutanée, au cours desquelles la surrénalectomie agit différemment.

a. La première période est caractérisée surtout par les *phénomènes de défense*. La tangente à la courbe est constante; la durée de cette période est de 4 jours chez les *témoins* et de 5 jours chez les *surrénalectomisés*.

b. La deuxième période est caractérisée principalement par la *croissance conjonctive*. C'est au cours de cette phase que la surrénalectomie a le plus d'effet sur la cicatrisation. Ces résultats sont en accord avec ceux de Ragan ([4]) d'après lesquels la cortisone inhibe la croissance du tissu de granulation, ainsi qu'avec ceux de Tabenhauss et Auromin ([5]) et Selye ([1]) sur l'action inhibitrice des

glucocorticoïdes sur la fibroplasie et la cicatrisation. La durée de cette période est de 9 jours chez les *témoins* et de 5 jours chez les *surrénalectomisés*.

c. La dernière phase de la cicatrisation est caractérisée surtout par la *croissance épithéliale*. Sa durée est de 7 jours chez les *témoins* et de 5 jours chez les *surrénalectomisés*.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Modifications de la gonade de* Carcinides (Carcinus) mœnas L, [*Crustacé décapode*], *après ablation bilatérale de l'organe* Y. Note de Mlle **Lucie Arvy**, MM. **Guy Echalier** et **Manfred Gabe**, présentée par M. Louis Fage.

L'ablation bilatérale de l'organe Y, pratiquée avant la maturité sexuelle, détermine, chez *Carcinides mœnas* L ♂ et ♀, à côté d'un retard considérable de la gamétogénèse, des modifications dégénératives des gonades; après la maturité sexuelle, cette intervention n'est suivie d'aucune altération des gonades.

L'hypothèse d'une intervention de l'organe Y des Crustacés Malacostracés dans le déterminisme des mues (1) a été vérifiée expérimentalement chez *Carcinides* (*Carcinus*) *moenas* (2). L'importance physiologique de cette glande se trouvant ainsi établie, il y avait lieu de rechercher des modifications histologiques éventuelles chez les animaux qui avaient subi l'ablation chirurgicale bilatérale de l'organe Y. Les faits rapportés ci-dessous ont trait aux changements de structure de la gonade chez les *Carcinides moenas* des deux sexes mentionnés dans une Note précédente (2), ainsi que chez des animaux privés d'organes Y, maintenus en vie, sans mue et jusqu'à un an après l'opération.

L'effet de cette intervention sur la gonade est essentiellement différent suivant qu'elle est pratiquée avant ou après la maturité sexuelle.

Lorsqu'il s'agit d'animaux ayant atteint la taille qui correspond à l'âge où se fait normalement la maturation sexuelle, l'ablation de l'organe Y ne détermine aucun changement important de la structure des gonades. C'est ainsi que chez les ♀ qui mesuraient de 20 à 30 mm au moment de l'opération et autopsiées 5 mois après, l'ovaire est en pleine activité; on y rencontre, à côté d'oogonies et d'oocytes jeunes, au début de l'interphase, un grand nombre d'oocytes plus évolués, en pleine vitellogenèse. Les oocytes comme les cellules folliculeuses ne présentent aucune anomalie cytologique; rien ne permet de distinguer les ovaires des animaux privés d'organe Y de ceux de leurs témoins, opérés à blanc, à la même époque.

L'examen des animaux ♂ donne lieu à une constatation identique;

(1) M. Gabe, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1111.
(2) G. Echalier, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 523.

chez ceux qui, au moment de l'opération, avaient atteint une taille supérieure à 18 mm, le testicule est au bout de 5 mois, morphologiquement normal et l'application des techniques cytologiques prouve que la spermatogenèse s'y déroule comme chez les témoins.

En accord avec ces données, il y a lieu de signaler qu'une ponte assez abondante, apparemment normale, a été remarquée chez une ♀ opérée depuis 6 mois.

Toutes différentes sont les constatations que nous avons pu faire chez des animaux qui avaient subi l'ablation des organes Y à un moment où leur taille n'excédait pas 16 mm et qui ont été maintenus en vie pendant une année. En effet, l'ovaire des ♀ privées d'organes Y montre des remaniements profonds, alors que chez les témoins, opérés à blanc et mis en élevage pendant les mêmes délais, la structure ovarienne est strictement comparable à celle des animaux non opérés, fraîchement capturés et de taille correspondante. Chez les opérés, les oogonies sont très rares et les mitoses exceptionnelles. La plupart des oocytes se trouvent au début de l'interphase de grand accroissement; certains d'entre eux sont très riches en acide ribonucléique, d'autres, au contraire, en sont très pauvres. Il n'existe nulle part de cellules folliculeuses régulièrement disposées autour des oocytes et nous n'avons trouvé aucun oocyte en vitellogenèse. Par ailleurs, on note des phénomènes dégénératifs très importants; certains oocytes sont manifestement en voie de lyse et des zones étendues de la gonade en sont dépeuplées; on y trouve un tissu conjonctif très lâche, d'aspect alvéolaire. La comparaison avec des témoins de même âge qui, eux, ont mué quatre ou cinq fois dans les délais de l'expérience et dont les dimensions ont plus que doublé, montre que l'évolution de l'ovaire a été considérablement retardée par l'ablation de l'organe Y. Il n'en est pas moins vrai que l'ovaire des animaux opérés a subi une certaine évolution, comme le prouve la comparaison avec celui d'animaux normaux, fraîchement capturés et de taille correspondante. Ni les témoins de même âge, ni ceux de même taille ne présentent de phénomènes dégénératifs dans l'ovaire.

L'étude de la gonade ♂ fait apparaître des anomalies équivalentes à celles que nous venons de décrire. Le testicule des animaux privés d'organes Y contient, un an après, des cellules qui répondent à la description de la spermatogonie; on ne trouve pas trace de spermatozoïdes et les dimensions des testicules sont très réduites, alors que chez les témoins de même âge ces organes sont bien développés et en pleine activité.

La comparaison des animaux privés d'organes Y avec les témoins opérés à blanc prouve à l'évidence que les anomalies testiculaires et ovariennes décrites ne sauraient être accidentelles. Il nous paraît donc indiscutable qu'il existe une relation de cause à effet entre l'ablation de l'organe Y

et les modifications en question. Ces résultats suggèrent deux hypothèses. On peut admettre, d'une part, que les anomalies de la gonade chez les animaux privés d'organes Y représentent seulement un aspect particulier d'une perturbation très générale du métabolisme; l'existence de perturbations de ce type est d'ailleurs prouvée par l'arrêt définitif du rythme des mues. Il est possible, d'autre part, d'envisager l'intervention d'un principe spécifique élaboré par l'organe Y et agissant sur la gonade. Les données dont nous disposons actuellement ne nous permettent pas de conclure. Il y a toutefois lieu de remarquer que le fonctionnement normal de la gonade une fois différenciée est possible en l'absence de l'organe Y; dans l'esprit de notre seconde hypothèse, l'intervention d'un éventuel principe gonadotrope, élaboré par l'organe Y, serait donc limitée au déclenchement de la gamétogenèse.

HISTOPHYSIOLOGIE. — *Sur les relations entre l'activité neurosécrétoire du noyau latéral du tuber et la gonadostimulation chez les Poissons Mugilidés.* Note de M. **André Stahl**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'auteur observe une neurosécrétion saisonnière dans le noyau latéral du *tuber* des Muges. Chez ces Téléostéens, le cytoplasme des cellules nerveuses tubériennes se vacuolise, donnant naissance à des vésicules qui paraissent se vider dans la cavité du *recessus infundibuli*. En même temps, on note des phénomènes d'excrétion au niveau des cellules basophiles de l'hypophyse, ainsi que la maturation progressive des gonades.

L'hypophyse des Mugilidés est innervée par deux noyaux de cellules neurosécrétoires : noyau préoptique (NPO) et noyau latéral du *tuber* (NLT).

Nous avons déjà décrit ([1]), ([2]) l'aspect de ces noyaux chez les animaux en période d'inactivité sexuelle. Les cellules du NPO élaborent une substance colorable en bleu-noir par l'hématoxyline chromique de Gomori. Elle paraît s'écouler le long du faisceau préoptico-hypophysaire en direction de la neurohypophyse. Celle-ci peut être divisée en deux régions : l'une postérieure, au contact des travées du lobe intermédiaire, dans laquelle s'accumule le neurosécrétat Gomori-positif, l'autre antérieure Gomori-négative [disposition retrouvée chez d'autres Téléostéens ([3]), ([4]).

Les cylindraxes des cellules du NLT prennent également part à l'innervation de l'hypophyse. Par beaucoup de leurs caractères, ces éléments sont analogues aux cellules du NPO [Scharrer ([5])]. Ils sont certainement le

---

([1]) A. Stahl, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1199.
([2]) A. Stahl, *C. R. Soc. Biol.*, 147, 1953, p. 841.
([3]) W. Bargmann, *Z. Zellforschung*, 38, 1953, p. 275.
([4]) F. Stutinsky, *Z. Zellforschung*, 39, 1953, p. 276.
([5]) E. Scharrer, *Z. Anat. Entw. Gesch.*, 106, 1936, p. 169.

siège d'une neurosécrétion, différente toutefois de celle que l'on observe dans ce dernier noyau. En effet, le matériel élaboré est Gomori-négatif. D'autre part, l'activité glandulaire du NLT est saisonnière, n'apparaissant chez les Muges qu'au moment de leur maturation sexuelle (mois d'hiver).

Nos recherches visent à vérifier l'existence d'une corrélation entre l'activité du NLT et le développement des gonades, en tenant compte du relais hypophysaire. Il est en effet admis que la maturation sexuelle est déterminée par les hormones gonadotropes élaborées par les cellules basophiles du lobe antérieur de l'hypophyse. Les faits que nous avons observés suggèrent que l'activité de ces cellules basophiles est elle-même contrôlée par les processus neurosécrétoires du noyau tubérien.

Notre matériel comporte 22 Muges (*Mugil capito* et *M. cephalus*) capturés à toutes les époques de l'année. Le cerveau et les gonades ont été fixés au Bouin et au liquide d'Orth, inclus à la paraffine, coupés à 5 ou 7,5 μ, puis colorés par la méthode à l'Azan de Heidenhain ou par l'hématoxyline chromique de Gomori.

Chez les animaux en état d'inactivité sexuelle (animaux d'été), le NLT est constitué de cellules nerveuses de grande taille, pourvues d'un ou plusieurs noyaux dont la morphologie est la même qu'au niveau du noyau préoptique. Ces noyaux à contours irréguliers, présentent souvent un aspect dentelé sur l'un de leurs bords, dû à la présence de profondes incisures cytoplasmiques pénétrant dans l'intérieur du noyau en refoulant la membrane nucléaire. Ces invaginations cytoplasmiques, intensément basophiles, contiennent de l'acide ribonucléique (pyroninophilie abolie après emploi de la ribonucléase). Le cytoplasme est d'aspect finement granuleux, sans chromophilie particulière. Les corps de Nissl sont rejetés à la périphérie de la cellule.

Les colorations à l'Azan montrent que les cellules basophiles sont groupées en amas dans le lobe antérieur de l'hypophyse. Leur cytoplasme est rempli de façon homogène de grains colorés par le bleu d'aniline, donnant intensément la réaction de Mc Manus-Hotchkiss. Les hormones gonadotropes étant des glycoprotéines, il paraît très vraisemblable qu'elles sont élaborées par ces éléments.

Chez les animaux d'été, ovaires et testicules sont de très petite taille. A la coupe, les gonades ne montrent que des spermatogonies ou des ovogonies.

Lorsque la maturation des gonades débute, on assiste à de profondes modifications au niveau des cellules basophiles de l'hypophyse, dont le cytoplasme se vacuolise, ce qui correspond probablement à une décharge d'hormone gonadotrope.

Le NLT présente, au même moment, des manifestations neurosécrétoires très marquées. Des vacuoles apparaissent à la périphérie du cyto-

plasme, et prennent rapidement une taille importante, dépassant celle des noyaux. On peut voir ainsi plusieurs vacuoles, accolées l'une à l'autre, se former dans une région qui est souvent située à l'opposé du cône d'émergence de l'axone. Elles contiennent une substance d'aspect granuleux après fixation au Bouin, faiblement colorable par le bleu d'aniline. Les vacuoles peuvent confluer, prendre l'aspect de vésicules de 10-20 μ de diamètre et même davantage. On les voit souvent, au contact du revêtement épendymaire de la cavité du *recessus infundibuli*, s'insinuer entre les cellules de ce revêtement, ce qui suggère qu'elles peuvent se vider de leur contenu dans ce prolongement du 3e ventricule.

L'examen des gonades, très augmentées de volume, montre alors les aspects successifs allant des spermatogonies aux spermatozoïdes, ou des ovogonies aux ovocytes vitellogènes.

Nous avons toujours trouvé un parallélisme rigoureux entre la maturation des gonades, la vacuolisation des cellules basophiles de l'hypophyse et l'activité neurosécrétoire des cellules tubériennes. Celles-ci ont un cytoplasme homogène chez les animaux capturés en été. Au cours du mois de novembre, des vacuoles périphériques apparaissent. A ce moment, les cellules basophiles de l'hypophyse présentent également des modifications et, dans les gonades, on voit débuter la spermatogenèse et l'ovogenèse. Les processus neurosécrétoires s'amplifient (en même temps que le volume des gonades devient de plus en plus important), allant jusqu'à donner naissance à des vésicules dont la taille peut dépasser celle du neurone. Leur accolement au revêtement épendymaire du *recessus infundibuli* suggère qu'elles finissent par se déverser dans sa cavité (phénomène d'hydrencéphalocrinie).

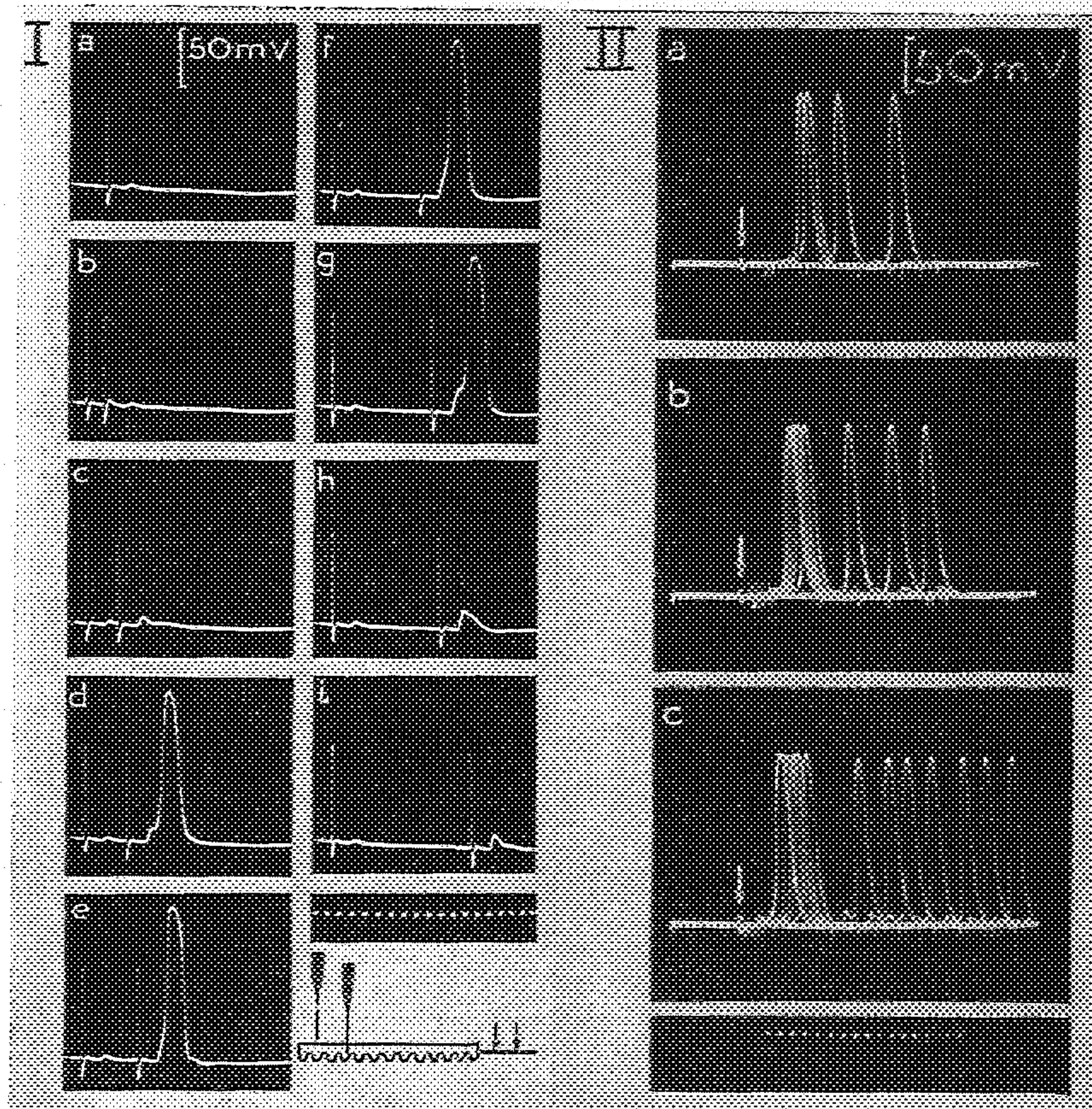
Sans vouloir préjuger du mécanisme d'action des cellules neurosécrétoires tubériennes sur le lobe antérieur de l'hypophyse, il nous a semblé que des rapports de temps aussi précis entre activité neurosécrétrice, phénomènes d'excrétion des cellules basophiles et maturation des gonades, permettaient d'admettre l'intervention du noyau latéral du *tuber* dans les phénomènes de gonadostimulation.

NEUROPHYSIOLOGIE. — *Étude par dérivation intracellulaire des effets sommatifs de deux stimulations nerveuses successives au niveau d'une électroplaque de Gymnote.* Note de Mme Denise Albe-Fessard et M. Carlos Chagas, présentée par M. Robert Courrier.

Nous avons déjà signalé [1], avec d'autres caractères différentiels des excita-

(1) D. Albe-Fessard, C. Chagas et H. Martins-Ferreira, *An. Acad. Brasil*, 23, 1951, p. 327.

bilités directe et nerveuse (seuil, directionnalité, fatigabilité), la propriété qu'ont une partie des électroplaques du Gymnote de ne répondre par voie nerveuse qu'à une stimulation itérative (même maximale) alors qu'elles sont activables par voie directe à l'aide d'un stimulus unique. Nous avons plus récemment montré que l'excitabilité indirecte itérative était une règle pour la



Réponses d'une électroplaque d'organe de Sachs. Dérivation par deux microélectrodes. Deux chocs stimulants couplés sont appliqués à un même tronc nerveux et différemment décalé : I, images successives des réponses à divers couples de stimuli; II, trois images de tracés superposés de réponses à divers couples de stimuli. Les chocs 1 sont tous confondus (flèches blanches) et croissent en *a*, *b*, *c*, respectivement comme 1-1,5-2. Temps : 2 ms.

majorité des plaques de l'organe principal et de l'organe de Hunter céphalique, tandis que 1/4 environ seulement des plaques qui constituent l'organe de Sachs et l'organe de Hunter caudal nécessitent pour fonctionner la répétition du stimulus nerveux ([2]). Les propriétés sommatives des activations nerveuses dans les électroplaques ont été étudiées ailleurs en détail ([2]), ([3]), mais ces

([2]) D. Albe-Fessard et C. Chagas, *J. Physiol.*, (Paris), 46, 1954, p. 823-840.
([3]) M. Altamirano, C. W. Coates, H. Grundfest et D. Nachmansohn, *J. Gen. Physiol.*, 37, 1953, p. 91-110.

travaux ont dans la plupart des cas comporté des dérivations par électrodes externes. Les travaux qui mentionnent une réception intracellulaire ([3]), ([4]), ne fournissent que peu de données sur le phénomène de sommation au niveau d'une électroplaque; il était donc utile de compléter cette étude.

Pour la commodité expérimentale, les plaques utilisées sont prises dans l'organe de Sachs parmi celles qui nécessitent obligatoirement de la sommation. La stimulation est portée sur le tronc nerveux aboutissant à ces plaques, les dérivations sont faites dans la partie distale à l'aide de deux microélectrodes, l'une au contact de la face nerveuse, l'autre intracellulaire.

Les données essentielles acquises dans cette étude sont illustrées par les enregistrements I et II de la figure.

1° Un choc unique maximal pour le nerf est inefficace (I*a*); seule une réponse très réduite apparaît, que nous considérons comme un potentiel de jonction.

2° Lorsque ce stimulus est précédé d'un autre (I, *b* à *i*), lui aussi maximal pour le nerf, on voit, pour des écarts temporels croissants entre les chocs, croître puis décroître le potentiel de jonction.

3° Lorsque ce potentiel atteint une certaine amplitude, on devine d'abord une réponse locale (I, *c*; I, *h-i*), puis on voit surgir un potentiel « tout ou rien » (I, *d-e-f-g*). Le fait que le potentiel est « tout ou rien » est encore plus évident dans les trois images de II.

4° Si l'on part d'un choc conditionnant non maximal et qu'on lui donne des valeurs croissantes (II, *a-b-c*), l'intervalle efficace de facilitation croît avec l'intensité du premier stimulus; l'intervalle maximum est très variable selon les plaques.

Nous avons pu enfin observer au cours de ces expériences qu'un premier choc appliqué *directement* à la plaque n'est facilitant que s'il est assez intense pour stimuler les terminaisons nerveuses. Contrairement à ce que nous avions pu penser ([2]), une réponse directe ne peut conditionner l'effet d'un stimulus nerveux.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Contribution à l'étude des fonctions corticales chez l'Homme. VI. Inhibition externe, étudiée par la méthode électroencéphalographique et la méthode des images consécutives.* Note (*) de Mme **Catherine Popov**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Nous abordons dans cette Note le problème de l'inhibition externe et, en liaison avec ce problème, le phénomène de l'arrêt des ondes α. Pour les

([4]) M. Altamirano, C. W. Coates, H. Grundfest et D. Nachmansohn, Résumés des communications, 19e *Congrès international de Physiologie*, Montréal, 1953, p. 158.

(*) Séance du 8 décembre 1954.

uns, comme Jasper [1], les auteurs japonais [2] et quelques autres auteurs, ce phénomène paraît être dû à une excitation corticale. Pour d'autres, elle résulterait d'une inhibition corticale.

Depuis Pavlov, on sait qu'il existe plusieurs types d'inhibition corticale, ceux d'extinction, de retardement, de différenciation, etc. Il considérait l'inhibition externe comme identique à l'inhibition par induction négative.

Dans nos recherches, avec N. Popov [3], lorsqu'on intercalait dans l'expérience habituelle un stimulus inattendu (son grave, ou énoncé : « son grave »), nous avons toujours observé cette inhibition par induction négative, marquée sur les tracés par la suppression des ondes α. Par conséquent, cette suppression des ondes α correspondrait, à notre avis, à un processus d'inhibition corticale, plutôt que d'excitation.

Pour étudier ce phénomène, nous avons utilisé d'une part, la méthode électroencéphalographique et d'autre part, la méthode des images consécutives, et des images consécutives conditionnées [3].

Poursuivant nos recherches, avec N. Popov [3] depuis plusieurs années, nous étions obligés de conclure que l'on ne peut enregistrer l'inhibition corticale par l'électroencéphalogramme que jusqu'à une certaine intensité, au-dessous de laquelle les tracés ne permettent plus de constater que l'inhibition persiste. Mais cette inhibition, que nous avons nommée coursive, a pu être enregistrée par la méthode des images consécutives et des images consécutives conditionnées. Les expériences ont été poursuivies sur de nombreux sujets et les résultats obtenus ont été très nets dans tous les cas.

Méthode. — Après un stimulus inattendu provoquant l'inhibition corticale, on remarque toujours la suppression des ondes α sur l'électroencéphalogramme. Une fois les tracés revenus à leur état initial, c'est-à-dire alors qu'on ne peut plus affirmer l'existence d'une inhibition corticale d'après les tracés, on donnait le stimulus habituel (son accompagné de deux éclats lumineux), plusieurs fois de suite, espacé de 2 à 3 mn, et l'on enregistrait le signal des images consécutives apparues après chaque stimulus. En comparant d'après leur nombre, leur durée d'apparition et leurs couleurs, les images consécutives apparues lors de ces expériences, avec celles qui apparaissaient habituellement, nous pouvons donner les conclusions suivantes :

---

(1) Jasper et Cruicksank, *J. General Psych.*, 17, 1937, p. 29-48.

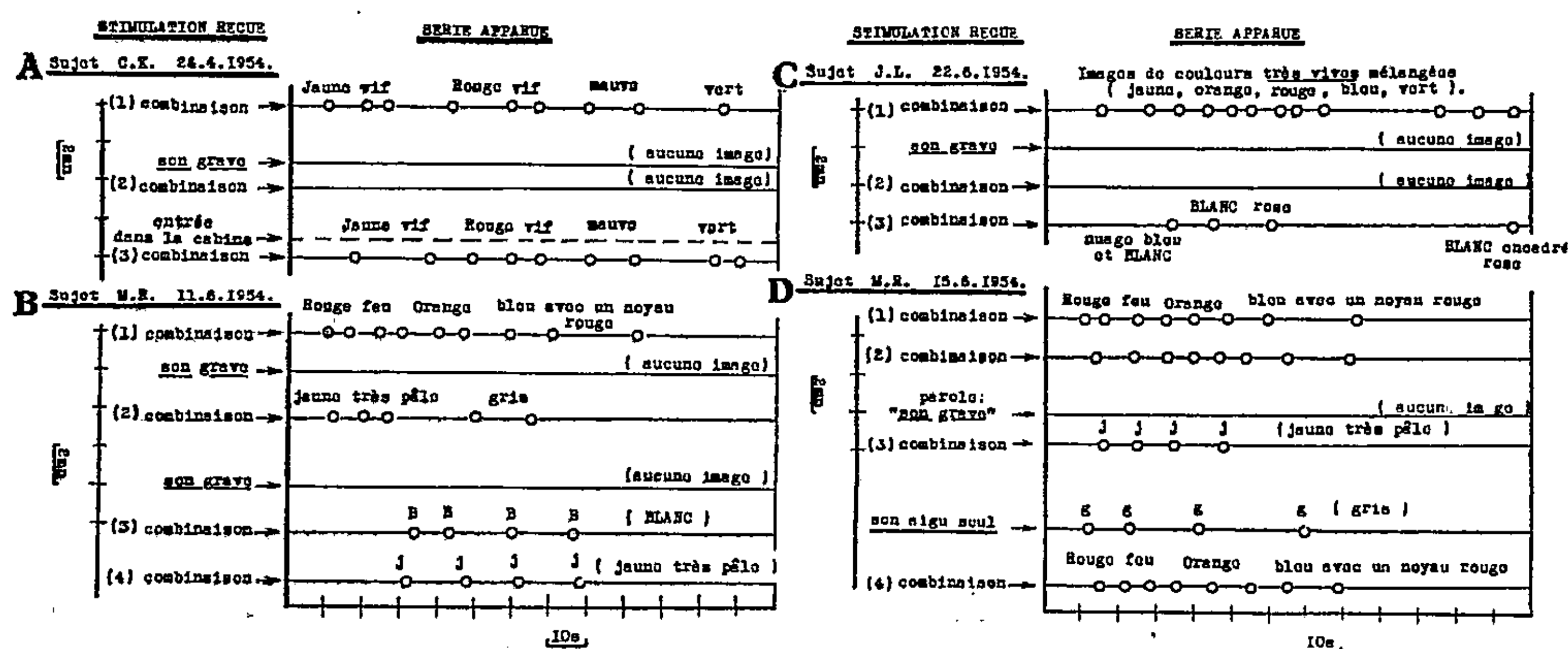
(2) Koiti Motorava et Iti Huzimori, *Tohoku J. Exper. Med.*, 50, nos 3, 4, 1949; Koiti Motokava, *ibid.*; Kituya Iwama, *Tohoku J. Exper. Med.*, 52, nos 1, 2, 1950; Kituya Iwama et Mituyosi Abe, *Tohoku J. Exper. Med*, 56, no 4, 1952.

(3) N. Popov et Cath. Popov, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 744; 237, 1953, p. 930 et 1439; 238, 1954, p. 1912, 2026 et 2118.

a. Bien que les conditions d'expérience et les éclats lumineux fussent absolument identiques aux expériences habituelles, le premier stimulus habituel qui succède au stimulus inattendu ne provoque aucune image consécutive chez la plupart des sujets; chez quelques autres les images apparues sont beaucoup moins nombreuses et peu colorées.

b. Le deuxième stimulus habituel provoque l'apparition d'images rares et peu colorées. Au stimuli suivant réapparaît peu à peu la série habituelle quant au nombre, durée, et couleur des images, mais de façon lente et progressive.

c. De plus si l'on donne le stimulus conditionné seul (son aigu) lors de cette inhibition corticale sous-liminaire, les images consécutives conditionnées provoquées par ce stimulus, sont beaucoup moins nombreuses et moins colorées que celles obtenues habituellement. Ce qui se voit bien sur la figure.



○— Apparition d'une image consécutive. Combinaison : son aigu suivi de deux éclats lumineux. Les paroles « Son grave » sont prononcées à haute voix.

Chaque figure A, B, C D, représente une séance entière effectuée avec un sujet : A (sujet C. K.). — Inhibition corticale mise en évidence par l'absence d'images après une stimulation habituelle (combinaison) qui suit immédiatement le son grave. L'entrée dans la cabine fait cesser cette Inhibition corticale; B (sujet M. R.). — Inhibition corticale exprimée par l'apparition d'images rares et peu colorées, provoquées par le stimulus habituel donné après le son grave; C (sujet J. L.). — inhibition corticale également. Le premier stimulus habituel donné après le son grave n'est pas suivi d'images, le second provoque les images rares et peu coloréos; D (sujet M. R) — Le stimulus conditionné (son aigu) provoque l'apparition d'images peu colorées lors de l'inhibition corticale. La série suivante est redevenue normale.

Ainsi, d'après nos expériences, l'inhibition due à l'induction négative persiste au delà de ce qui peut être enregistré sur les électroencéphalogrammes. D'autre part, pour affirmer que nous nous trouvons bien en présence d'une inhibition externe, nous avons recherché si ce phénomène possédait les qualités nécessaires. La plus importante selon Pavlov est celle de la possibilité d'extinction du phénomène par les répétitions. Ce qui a toujours été retrouvé. Outre cela, il suffisait d'entrer pendant

moins d'une minute dans la cabine où se trouvait le sujet (*fig.* A), ou bien d'effectuer une stimulation par l'agent conditionné (son aigu seul) (*fig.* D), pour que tous les phénomènes d'inhibition corticale disparaissent et que le stimulus habituel, donné immédiatement après, fasse apparaître déjà la série d'images consécutives habituelles.

Ainsi, nous ne pouvons pas mettre en doute que c'est un processus d'inhibition corticale qui était représenté dans nos expériences par l'arrêt des ondes α, et la méthode des images consécutives utilisée par nous a permis de prolonger l'étude de ce phénomène, jusqu'à son extinction réelle.

ANTHROPOLOGIE. — *Comparaison des Françaises avec quelques autres populations féminines blanches pour les mesures du corps.* Note de Mlle **Suzanne de Félice**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons rapporté les données essentielles que nous avons recueillies sur 140 Françaises de 20 à 48 ans de diverses régions de la France.

Nous comparerons, ici, quelques-unes de ces données à celles qui ont été obtenues par différents auteurs (avec une technique comparable), pour 1000 Lettonnes de 18 à 45 ans, 315 Norvégiennes de 20 à 40 ans, deux groupes d'Allemandes (187 étudiantes de Fribourg de 17 à 33 ans et 1152 « Allemandes *sensu lato* » de 18 à 30 ans), 153 Slovènes de 18 à 33 ans et 100 Américaines de 20 à 59 ans provenant d'une population d'immigrants. Nous avons considéré également, pour quelques mesures seulement, des Suissesses, deux autres groupes d'Allemandes, des Polonaises de Silésie et des Esthoniennes.

Si des différences notables sont enregistrées pour les mesures absolues, la stature notamment : Françaises, 159,96 cm; Lettonnes, 159,84; Norvégiennes, 162,36; Allemandes *sensu lato*, 158,00; Allemandes de Fribourg, 164,34; Allemandes de l'Obervieland, 159,78; Bavaroises, 156,6; Slovènes, 159,29; Américaines, 161,54; Suissesses de l'Oberland bernois, 156,97; de l'Oberemmental, 159,54; de Saint-Gall, 155,51; des Grisons, 156,2, etc.; les comparaisons sont faites sous réserve car il faut tenir compte de l'âge des groupes étudiés, des milieux sociaux et de la date à laquelle les travaux ont été faits, une augmentation de stature très nette ayant été constatée depuis quelques décades, dans le monde, essentiellement en Europe.

Les mesures relatives de toutes ces populations, exprimées en pour-cent de la stature et permettant d'apprécier les proportions du corps, sont

([1]) S. de Félice, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1317.

plus intéressantes à comparer. Elles montrent d'assez faibles variations. La femme blanche présente, en général, un ensemble de proportions qui varie dans une marge assez restreinte.

Le tableau ci-dessous permet de se faire une idée de ces ressemblances générales :

Mesures relatives.	Françaises.	Lettonnes.	Norvégiennes.	Allemandes.	Allemandes Fribourg.	Slovènes.	Américaines.
Taille assis	53,0	52,9	53,2	52,9	–	–	52,9
Hauteur suprasternale	81,4	81,9	81,6	–	80,8	–	–
» ombilicale	59,6	59,7	59,7	–	–	–	–
» symphysienne	51,2	50,7	51,2	–	51,2	51,6	–
Longueur antér. du tronc	30,1	31,1	30,4	–	30,3	–	–
Largeur biacromiale	22,3	22,0	22,1	22,2	22,5	21,8	22,0
» bicrête	18,5	16,9	17,7	18,0	17,7	17,9	18,6
Hauteur acromiale	81,4	82,0	–	–	79,7	–	–
Longueur du bras	19,0	19,4	18,5	18,6	–	–	–
» de l'avant-bras	14,3	14,6	14,1	14,4	–	–	–
» de la main	11,2	10,7	10,8	10,7	–	–	–
Hauteur ilio-spinale	56,2	56,3	55,4	56,5	56,2	56,2	–
» tibiale	26,1	26,7	26,1	–	–	–	–
Longueur de la cuisse	29,9	29,6	29,1	–	–	–	–
» de la jambe	21,8	22,2	22,0	22,4	–	–	–

C'est ainsi que la largeur des épaules correspond aux 22 % de la stature environ; que l'indice cormique, ou taille assis relative, est de 52,9 pour 4 populations (avec les Suissesses de l'Oberemmental non mentionnées dans le tableau), 5 autres avec 52,7, 53,0, 53,1, 53,2 et 53,2, étant très proches de ce nombre; que la longueur antérieure du tronc relative est de 30,1, 30,3, 30,4 et 30,5 pour les Polonaises de Silésie, les Lettonnes se détachant un peu avec une valeur de 31,1; que la hauteur du centre de l'ombilic au-dessus du sol (point important dans certains canons artistiques) vaut les 59,7 % de la stature pour 3 populations (59,66 pour les Françaises) et que la longueur du membre inférieur assimilée, suivant la proposition de H. Vallois, à la hauteur ilio-spinale, correspond aux 56,2 % de la stature pour 3 populations, les 3 autres ayant des valeurs de 56,3, 56,5 et, pour les Norvégiennes, de 55,4.

Le bassin, lui, offre des différences plus notables : d'indice métriopyèle chez les Lettonnes où il correspond aux 16,9 % de la stature et également chez deux autres groupes : 17,7, 17,9, il est d'indice eurypyèle : 18, 18,5, 18,6, chez les Allemandes, les Françaises et les Américaines. Ce sont là les différences les plus marquantes.

Tous les renseignements désirables pour une analyse plus complète ne figurent malheureusement pas dans ce tableau, les auteurs n'ayant pas fourni toutes les données que l'on souhaiterait trouver dans leurs travaux.

ZOOLOGIE. — *Sur un Sphérome « nouveau » des côtes occidentales d'Europe :* Sphaeroma monodi, *n. sp.* (*Isopode Flabellifère*). Note de MM. **Charles Bocquet**, **Henri Hoestlandt** et **Claude Lévi**, présentée par M. Louis Fage.

Le genre *Sphaeroma* est représenté, sur les côtes occidentales d'Europe, par quatre espèces; en dehors des trois espèces communes : *serratum*, *rugicauda* et *hookeri*, une quatrième espèce, *S. monodi* n. sp., proche mais distincte de *S. podicipitis* Monod, est fréquente. Les caractères distinctifs principaux de ces cinq espèces sont brièvement signalés.

En 1931, Th. Monod (1) a décrit, sur deux individus, une espèce nouvelle de *Sphæroma* : *S. podicipitis*; l'un des exemplaires avait été trouvé au Maroc, dans l'estomac d'un *Podiceps cristatum* L.; le second, récolté près de 100 ans plus tôt, aux îles Chausey, par Audouin et Milne-Edwards, figurait depuis lors, mêlé à d'autres Flabellifères, dans les collections du Muséum d'Histoire naturelle de Paris. Ces deux exemplaires différaient cependant, comme Monod le signalait, par l'ornementation de leurs uropodes, dont l'exopodite, inerme chez l'échantillon marocain, était nettement crénelé chez le spécimen des Chausey.

Nous avons retrouvé de nombreuses populations d'un Sphérome identique au type des Chausey et sommes conduits à considérer leur ensemble comme une espèce nouvelle, proche mais distincte de *podicipitis*, qui se trouve ainsi réduite à un mâle type. Nous dédions la forme nouvelle au Professeur Monod et l'appelons *Sphæroma monodi.*

Depuis plusieurs années, au cours de nos recherches sur le polychromatisme de *S. serratum*, faites en collaboration avec G. Teissier, notre attention avait été attirée par de jeunes Sphéromes, fréquents à Roscoff dans les prises de sable intercotidal et dont le phénotype le plus courant ne se ramenait à aucun des mutants colorés de *serratum.* Le travail systématique n'était cependant possible que sur des adultes, que nous avons ensuite trouvés à Ambleteuse, puis à Roscoff. D'autres populations, depuis, ont été relevées sur nos côtes atlantiques, jusqu'à Arcachon, sur les côtes belges, espagnoles, de Grande-Bretagne et d'Irlande, où les individus qui les constituent semblent avoir été identifiés jusqu'à présent comme des *serratum*, probablement en raison de leurs uropodes denticulés.

S. monodi diffère pourtant très nettement des trois espèces classiques : *serratum* (F.), *rugicauda* Leach et *hookeri* Leach; l'uniformité morphologique de tous les exemplaires examinés confère, d'autre part, une valeur

(1) *Mém. Soc. Sc. Nat. Maroc*, 3e partie; Sphæromatidæ, 29, 1931, p. 1-91.

taxinomique aux différences qu'ils présentent par rapport au type de *podicipitis* Monod.

Une étude morphologique détaillée de *S. monodi* ne saurait trouver place ici. Nous nous bornerons pour l'instant à signaler les caractères différentiels qui suffisent à séparer cette espèce des autres Sphéromes des côtes occidentales d'Europe.

Les plus nets sont fournis par les garnitures de soies des péréiopodes antérieurs. *S. monodi* se distingue immédiatement de *serratum*, espèce avec laquelle elle a généralement été confondue, par l'aspect des longues soies qui ornent les carpo- et méropodites des trois paires antérieures de pattes thoraciques : fortement et régulièrement barbelées sur toute leur longueur chez *serratum*, ces soies sont glabres dans leur moitié basale, très faiblement plumeuses dans leur partie distale chez *monodi*, de même que chez *rugicauda*, *hookeri* et *nodicipitis*. Ces dernières espèces diffèrent par le nombre de soies que portent les péréiopodes I, à leur bord rostral, au niveau de la grosse épine rostro-distale du propodite : on en compte 6 à 7 chez les plus grands exemplaires de *monodi* (♂♂ de 9 mm de longueur), toujours 0 chez *hookeri*, 2 au maximum chez *rugicauda*, de 15 à 20 pour *podicipitis* et *serratum* (²).

La ressemblance entre *podicipitis* et *monodi* est cependant grande : le pléotelson des ♂♂, dépourvu de toute carène dorsale, a même forme, tout en étant souvent plus retroussé dans sa partie distale chez *monodi*; les maxillipèdes ont même aspect, les lobes des pro- et carpopodites étant un peu plus prononcés chez *monodi*. Mais, en dehors du nombre des soies rostro-distales des péréiopodes I et d'une différence dans l'ornementation des maxillules, *monodi* se distingue essentiellement de *podicipitis* par la denticulation très apparente de la marge externe de l'exopodite des uropodes, cette marge étant inerme chez *podicipitis*. Ce caractère, réalisé dès l'éclosion, est constant chez les *S. monodi* des deux sexes, les gros exemplaires ayant en général 6 ou 7 dents marginales en plus de celle qui termine l'exopodite.

Au point de vue écologique, *S. serratum* et *S. monodi* sont les espèces les plus voisines. Ce n'est cependant que très exceptionnellement qu'on les rencontre associées en populations « mixtes » (Blanc-Nez; Gijon, en Espagne). A Roscoff, les *S. monodi* vivent dans le sable, sans s'abriter, comme les *serratum*, sous des pierres stables; ils se réfugient pourtant fréquemment dans les coquilles vides de *Littorina obtusata* remontées par

(²) OMER-COOPER, RAWSON, *Rep. Dove Mar. Lab.* (Third Ser., n° 2), 1934, p. 22-58; B. FORSMAN, *Ark. f. Zoologi*, 1952, p. 153-158; O. KINNE, *Kieler Meeresforsch.*, 1954, p. 100-120.

les flots. A Ambleteuse, où les *S. serratum* sont localisés dans les fissures de gros blocs schisteux, les *monodi* se rassemblent sous les galets situés au pied même de ces blocs.

ÉCOLOGIE. — *Biocénose réalisée, en galeries de mine, autour de toiles mycéliennes d'Hyphomycète capteur.* Note (*) de M. **Henri Heim de Balsac**, transmise par M. Roger Heim.

Au cours de prospections biologiques, en galeries de mines de fer, dans le but de recueillir les faunules hypogées, nous nous sommes trouvés en présence de parois rocheuses, couvertes, sur des surfaces dépassant le mètre carré, de nappes, véritables toiles de filaments, dont la blancheur tranchait sur la teinte sombre des roches. La comparaison s'établit aussitôt, dans notre esprit, avec la « toile » redoutée des horticulteurs, destructrice des semis, que forme à la surface des fumiers et terreaux sous châssis le mycélium de *Botrytis cinerea*.

L'examen à la loupe confirma que nous nous trouvions en présence de toiles mycéliennes, constellées de perles brillantes, gouttelettes de condensation de vapeur d'eau d'une atmosphère saturée.

A la surface de ces toiles, se déplaçaient avec agilité, de petites Araignées (*Porrhoma proserpina*), troglobie connue des grottes et souterrains. Sur les mêmes toiles, se remarquaient, comme autant de taches noires, de nombreux moucherons, les uns manifestant leur vitalité par des battements d'ailes, les autres morts, tous difficilement détachables de la toile.

Après prélèvement d'échantillons, l'examen au laboratoire montra que ces insectes étaient enlacés par des ramifications du mycélium, et qu'ils étaient pris à un véritable piège.

Ce mycélium se rapporte à *Arthrobotrys oligospora*, bien connu dans les sols de surface, comme prédateur, capturant des Nématodes par arceaux entrelacés et anastomosés, de type gluau. C'est par ces pièges que se trouvent capturés les insectes, se posant sur les toiles mycéliennes.

Il s'agit de Diptères Tipulides, d'espèce non déterminée, en dépit de l'examen des diptérologues : Villeneuve et Pierre.

Leurs larves vivent aux dépens des boisages de mines, progressivement désagrégés par action mycotique. Par contre, les Araignées ne sont pas capturées, au cours de leurs déplacements sur les toiles. La raison en est toute mécanique : l'Arachnide se déplace sur un réseau de fils soyeux, tendu par lui, sur un plan superposé à celui du mycélium. Ainsi les pattes de l'Araignée ne sont-elles pas happées par les pièges et elle peut dévorer les Tipules prisonnières.

(*) Séance du 8 décembre 1954.

Ainsi se trouve réalisée une biocénose à trois participants : Hyphomycète prédateur, Diptère Tipulide, Arachnide, et même à quatre participants, si l'on veut tenir compte du rôle des champignons qui, en décomposant les boisages, préparent un milieu humique pour les larves de Tipules.

Une telle biocénose est en fait réalisée par l'action du facteur humain : creusement de galeries, apport de boisages et aussi apport de matières organiques, d'origine humaine ou chevaline, dont profite l'Hyphomycète. Par l'exemple de cette Biocénose inattendue, est mise en lumière la connexion nécessaire des études d'Écologie et de Biocoénotique.

BIOLOGIE. — *Électrophorèse sur papier des protéines du sérum de* Carcinus maenas *Pennant*. Note de M. **René Frentz**, présentée par M. Louis Fage.

Nos recherches sur la biochimie comparée des Crabes *Carcinus maenas* Pennant indemnes et sacculinés nous ont amené à appliquer aux protéines du sérum de ces animaux la méthode d'électrophorèse sur papier mise au point par Cremer et Tiselius (1), Durrum (2) et Machebœuf (3). On sait que cette technique permet de séparer, sous forme de taches colorées sur papier filtre, les protéines de quantités minimes de sérum.

Cent vingt électrophorèses ont ainsi été réalisées à la Station Biologique de Roscoff, sur appareil Jouan, papier d'Arches n° 304, en solution-tampon de Durrum à pH 8,6 et sous une tension de 150 V pendant 7 h ou 110 V pendant 12 h. La quantité de sérum mise en œuvre a été de 20 mm^3 pour chaque essai. La révélation des bandes s'est faite au bleu de bromophénol et leur transcription graphique par lecture au photomètre incorporé à l'appareil. Nous n'accordons d'ailleurs aux courbes obtenues qu'une valeur indicative et non un caractère quantitatif rigoureux.

Les figures électrophorétiques réalisées présentent au premier abord une variabilité déconcertante. Certaines bandes sont à peine colorées et dénotent l'absence presque totale de protéines. D'autres portent une tache nette et éloignée de la ligne de départ (tache distale). D'autres encore révèlent deux taches, l'une distale, la seconde plus proche de la ligne initiale (tache intermédiaire). Une dernière catégorie enfin renferme les bandes à trois taches : une distale, une intermédiaire et une troisième voisine du start (tache proximale). De plus, l'intensité relative de ces diverses taches varie suivant la concentration des protéines correspondantes.

(1) *Biochem. Z.*, 320, 1950, p. 273.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 2943.

(3) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1951, p. 1543.

Cette variabilité s'explique aisément par le nombre des états physiologiques possibles pour un même Crabe suivant l'âge, l'alimentation, le cycle d'intermue, le cycle sexuel ou la présence de parasites.

Afin de circonscrire l'action propre de chaque facteur, nous avons essayé d'en éliminer certains : l'âge par exemple, en choisissant des animaux de tailles voisines; l'alimentation, par une nourriture régulière et homogène. Pour chaque individu nous avons aussi noté, outre la longueur exacte, les pigmentations dorsale et ventrale, l'étape de l'intermue, l'aspect de l'hépatopancréas, des gonades, ainsi que la présence de Sacculines internes ou externes ou d'autres parasites.

De l'ensemble des essais effectués, nous croyons pouvoir conclure :

1° Que plusieurs électrophorèses sur un même sérum donnent des résultats concordants;

2° Que deux électrophorèses faites sur un même Crabe à un ou quelques jours d'intervalle donnent des figures similaires; que donc l'animal n'a pas été affecté d'une manière sensible par la prise de sang minime dont il a été l'objet et qu'ainsi la méthode permet de suivre régulièrement, en élevage, la nature des protéines de son sérum;

3° Que l'hémocyanine semble comprise dans les protéines de la tache distale, une intensité considérable de cette dernière correspondant toujours à une teinte bleue prononcée du sérum;

4° Que les périodes A et B consécutives à la mue [système de Drach (4)] fournissent des sérums pauvres en protéines et qu'ensuite, au cours de la période C, on voit apparaître les protéines des taches distales et intermédiaires chez le mâle, distales, intermédiaires et proximales chez la femelle. La présence des deux dernières taches coïncide en outre avec un aspect très jaune et très chargé de l'hépatopancréas;

5° Qu'en ce qui concerne plus spécialement les femelles, l'apparition et l'intensification des taches intermédiaires et proximales sont toujours parallèles à la progression de la vitellogenèse;

6° Que la tache proximale, visible avec netteté seulement chez la femelle, coïncide souvent avec une couleur jaune accentuée du sérum et qu'il est possible qu'elle corresponde à certaines lipoprotéines.

En résumé, la méthode d'électrophorèse sur papier a permis de déceler des variations qualitatives et semi-quantitatives dans la teneur en protéines du sérum de *Carcinus maenas* pendant le cycle d'intermue et le cycle sexuel femelle. Le but des travaux en cours est de préciser ces données et de les étendre à d'autres états physiologiques.

---

(4) *Ann. Inst. Océan.*, 19, 1939, p. 103-391.

BIOLOGIE. — *Sur l'ectohormone des reines d'Abeilles.* Note de Mlle **Janine Pain**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On sait qu'une reine vivante attire les ouvrières d'Abeille [Lecomte (1)] et qu'elle inhibe chez celles-ci le développement ovarien [Hess (2), Pain (3), Mussbichler (4)]. Mais en avril 1953, j'ai observé qu'une reine morte attirait tout autant (et peut-être davantage apparemment, car le phénomène est plus aisé à observer) les Abeilles d'une cagette; et leurs ovaires sont également inhibés [Pain (5)]. Une substance est en cause, que les Abeilles prélèvent sur le corps de la reine [Pain (5)].

Cette « ectohormone » est pratiquement insensible à la chaleur, puisque deux autoclavages successifs à 120° de 40 mn pour le premier et de plus de 1 h pour le second ne suffisent pas à supprimer l'attraction que manifestent les ouvrières pour la dépouille royale. Elle est extrêmement stable, puisque nous avons utilisé, avec un plein succès, des reines en collection depuis trois ans. Elle est soluble dans le chloroforme [ainsi que dans l'acétone et l'éthanol [de Groot (6)]. Il s'agit donc probablement d'une des cires ou paraffines qui imprègnent l'épicuticule. Ajoutons que l'extrait chloroformique de reine, imbibant un fragment de moelle de sureau, fournit une méthode de test commode, car l'intégralité du phénomène peut être observée dans ces conditions (attraction des ouvrières et inhibition de leur développement ovarien).

Siège de l'ectohormone. — J'ai présenté à des ouvrières la tête, le thorax et l'abdomen d'une reine attractive, à quelques centimètres les uns des autres. Au cours de deux expériences, le nombre d'ouvrières attirées d'une manière stable par la reine a été de 55 (première expérience) et de 108 (seconde expérience avec une autre reine) pour la tête; de 40 et de 105 pour le thorax; de 38 et de 88 pour l'abdomen. La substance semble donc répartie sur toute la surface du corps, avec une prédominance pour la tête. Mais comme ces deux expériences le montrent et comme je l'ai souvent vérifié par ailleurs, il semble exister entre les reines de grosses différences individuelles dans la qualité ou la quantité de la substance attractive. Ceci est sans doute en rapport avec la difficulté qu'on éprouve à faire accepter certaines reines par les colonies orphelines.

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 802.
(2) *Beih. Schweiz. Bienenz*, 1, 1942, p. 33.
(3) *Insectes Soc.*, 1, n° 1, 1954, p. 59.
(4) *Z. vgl. Physiol.*, 34, 1952, p. 207.
(5) *Insectes Soc.*, 1, n° 5, 1954, p.
(6) *Experientia*, O/9, 1954, p. 384.

Mode d'action de l'ectohormone. — L'ectohormone n'agit que par voie buccale, les ouvrières léchant et mordant la reine morte (les mandibules lâchent prise aussitôt). L'extension du proboscis des ouvrières est nettement visible lorsqu'elles se trouvent autour de la reine. D'autre part, une reine morte, ou un morceau de moelle de sureau imbibé d'ectohormone n'attirent plus du tout les ouvrières dès qu'elles s'en trouvent séparées par une toile métallique, qui les empêche de passer la trompe, et leurs ovaires alors grandissent et atteignent la taille des ovaires d'orpheline.

Une odeur ne paraît donc pas en jeu; il faut un contact immédiat.

La *forme de la reine*, perçue par voie visuelle ou tactile, n'entre pas non plus en ligne de compte; en effet, une reine fraîchement tuée et hachée menu peut être présentée aux ouvrières : elle leur produit autant d'effet qu'une reine entière. Il en est de même du cadavre d'une vieille reine desséchée depuis trois ans, présentée aux ouvrières dans un sachet de soie à mailles fines. Les ouvrières s'assemblent autour du sachet avec autant de persistance que s'il s'agissait du cadavre intact.

Spécificité. — L'ectohormone semble, jusqu'à plus ample informé, strictement spécifique. Nous avons présenté en effet aux ouvrières les cadavres desséchés d'*Andrena carbonaria*, *bicolor*, *florea*, *nigroænea*; d'*Eucera longicornis*; de *Bombus pratorum*, *lapidarius*, *hortorum*, *cognatus*, *terrestris*, de deux Xylocopes et d'une Scolie tropicale. Aucun de ces Insectes n'intéresse les ouvrières.

Nos résultats sont pleinement en accord avec ceux de de Groot ([6]). Il est plus que probable que l'ectohormone se confond avec la « queen substance » de Butler ([7]) qui provoque l'inhibition de la construction des cellules royales.

Ajoutons que l'extrait d'ouvrières ordinaires, ou d'ouvrières pondeuses, extrait par le chloroforme et déposé sur un fragment de moelle de sureau n'attire pas les ouvrières.

Des essais de caractérisation chimique et de dosage biologique sont en cours; ainsi que l'étude du spectre de l'ectohormone dans l'ultraviolet.

BIOLOGIE. — *Influence du nombre d'individus sur la formation de la grappe par les ouvrières d'Abeilles.* Note de M. **Jacques Lecomte**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans une étude antérieure ([1]) il avait été trouvé que le nombre d'individus nécessaire pour la formation de la grappe dans 100 % des cas par les ouvrières d'*Apis Mellifica* était égal à 75.

([7]) *Trans. Roy. Entom. Soc. London*, 103, part 2, 1954, p. 11-29.

([1]) *Z. vergl. Physiol.*, Bd. 32, 1950, p. 499-506.

Des observations ultérieures montrèrent que la formation de grappe est cependant possible, dans certaines conditions, par un nombre bien plus restreint d'Abeilles; aussi il parut intéressant de reprendre cette étude de manière systématique.

Des groupes, composés d'un nombre variable d'individus d'âge inconnu mais toujours prélevés dans les ruches par les mêmes méthodes, furent déposés en état de narcose (au gaz carbonique) dans des caisses de bois, de différents volumes; la formation de la grappe fut alors étudiée, à la température de 25° et à l'obscurité.

Par grappe, on désigne un amas d'Abeilles *immobiles* comprenant au moins 80 % des individus présents dans le local expérimental.

Le temps d'observation est de 3 h, laps de temps, après lequel apparaissent chez les Abeilles ainsi maintenues en petit nombre, sans apport de nourriture, les premiers phénomènes pathologiques.

Les résultats suivants ont été obtenus lors de 18 essais.

Nombre d'individus.	Nombre de cas où la grappe a été observée.	Nombre d'individus.	Nombre de cas où la grappe a été observée.
5	6/18	25	1
10	7	50	14
15	1	75	18

Les résultats ci-dessus montrent nettement que la formation de la grappe est plus facile pour les petits groupes, 5, 10, que pour des groupes moyens et qu'elle ne recommence à être possible que pour des groupes importants.

De même l'observation de deux individus déposés dans un local similaire permet de constater qu'ils restent très fréquemment en contact, échangeant en particulier de la nourriture.

Mais une analyse plus fine fait apparaître des différences considérables entre les grappes formées d'un petit nombre d'individus et les autres.

Essentiellement, les premières sont peu stables se détruisant après avoir duré quelques minutes; les ouvrières ne sont pas accrochées les unes aux autres et restent très mobiles dans l'amas.

Enfin ces grappes ne semblent pas obéir aux taxies de l'essaim telles que les a décrites Sendler (²), il ne semble pas possible de les assimiler aux grappes que l'on commence à voir formées par une cinquantaine d'individus.

De toute manière, *tout groupe d'Abeilles*, placé dans les conditions expérimentales décrites ci-dessus, tend dès son réveil, à *passer de l'état dispersé à l'état groupé*; de petits amas se forment toujours, comprenant

(²) *Z. Zool.*, 154, 1940.

de deux à quatre individus, ce sont ces petits amas qui se groupent pour former la grappe si elle doit avoir lieu; dans le cas contraire, il y a retour à la phase dispersée et grande agitation des Abeilles jusqu'à l'apparition des phénomènes pathologiques dus à l'épuisement.

L'évolution du phénomène semble bien irréversible et après l'avortement d'une grappe suivi d'une nouvelle phase de dispersion, il n'a jamais été possible, dans les conditions de l'expérience, d'observer l'apparition d'une nouvelle phase de groupement.

Un autre point est digne d'attention, c'est celui de l'influence que peut avoir le volume du local expérimental sur le nombre d'individus nécessaire pour la formation de la grappe.

Des essais ont été conduits avec des volumes de 1, 10, 20, 30, 40 et 50 dm^3.

Les résultats concernant la fréquence de formation de grappe sont négatifs, en ce sens qu'on ne peut dire, à nombre égal d'individus présents, qu'il se forme plus souvent des grappes dans les locaux de petits volumes.

Par contre, le temps nécessaire pour former la grappe varie en fonction du volume : elle se forme bien plus rapidement dans les locaux de petit volume.

Enfin, il est bon d'attirer l'attention sur la nécessité d'écarter lors des expériences la moindre composante taxique, susceptible de fausser les résultats : la moindre stimulation sensorielle chimiotactique, optique, ou autre amène les abeilles à former un rassemblement qu'il faut se garder de confondre avec la grappe, résultat de l'interattraction entre les individus.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Remarques sur le déterminisme de la poche incubatrice chez le Crustacé Isopode* Asellus aquaticus L. Note de Mme **Marie-Louise Balesdent-Marquet**, présentée par M. Louis Fage.

En 1924, A. Vandel (1) étudiait le déterminisme du développement des costégites des Isopodes et les relations qui existent entre l'activité des gonades et le développement des caractères sexuels temporaires chez les Crustacés et concluait en écrivant : « De nouvelles expériences sont nécessaires pour trancher la question. »

Répondant à cette phrase, V. Haemmerli-Boveri (2) en 1926, irradiait en entier aux rayons du radium des ♀ adultes de *Asellus aquaticus* L. et montrait que la destruction des ovaires est accompagnée d'une dispa-

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 974.

(2) *Z. wiss. Biol.*; *Abt. C, Physiol.*, 4, 1926, p. 668-698.

rition des pontes et des « mues parturiales » donnant naissance aux grands oostégites formant la poche incubatrice; des « mues normales » seules apparaissent ensuite.

En 1953 ([3]), j'ai noté chez les ♀ adultes de *Asellus aquaticus* L. en élevage, et n'ayant subi aucune irradiation, l'apparition de « mues normales » successives (jusqu'à trois) en période de reproduction. Ce fait, rappelant les résultats des expériences d'irradiation d'Haemmerli-Boveri, m'a conduite à refaire ses expériences, afin de pouvoir juger si les « mues normales » observées après l'irradiation étaient dues uniquement à l'action du radium, et non à d'autres causes telles que l'approche de la saison de repos sexuel ou des conditions d'élevage trop différentes du biotope de l'Aselle.

Les recherches ont été conduites de manière à conserver les trois principales conditions des irradiations réalisées par Haemmerli-Boveri : la dose de 30 mg de radium élément, la durée totale d'irradiation d'une trentaine d'heures, la distance de l'animal à la source de rayonnement, les Aselles touchant presque l'aiguille de platine contenant le sel de radium.

Quelques modifications ont été apportées à cette expérience :

1° Les Aselles ont été élevées de manière à n'avoir en aucun cas de « mue normale » chez les témoins pendant la période de reproduction.

2° L'expérience a été effectuée au milieu de la saison de reproduction, entre le 15 avril et le 30 mai, et a porté sur 00 ♀ adultes choisies systématiquement aux différents stades de la période d'intermue, et sur 30 témoins élevés dans des conditions semblables et subissant les mêmes manipulations (les Aselles vivant deux jours après l'irradiation sont seules comptées). Les derniers exemplaires sont morts en octobre, au début de la période de repos sexuel.

3° Le dispositif d'irradiation permet d'évaluer les doses reçues à 800 r/h environ.

4° Enfin et surtout, pour comparer plus facilement les différents cas et situer plus exactement le moment de l'irradiation pendant la période d'intermue, nous avons placé tous les exemplaires dans des conditions semblables : durée de 32 h environ en deux séjours de 16 h répartis sur deux jours, ou trois séjours de 16, 8 et 8 h répartis sur trois jours; Haemmerli-Boveri irradiait les Aselles pendant 30 à 50 h, en trois, quatre ou cinq laps de temps variant de 2 à 24 jours.

Les résultats observés, en ce qui concerne le cycle des mues, confirment ceux obtenus par Haemmerli-Boveri : la « mue parturiale » (apparition de la poche) et la ponte sont supprimées simultanément. Lorsque l'irradiation a lieu après une « mue parturiale », la « mue intermédiaire » correspondante (disparition de la poche), puis des « mues normales » lui font suite; lorsqu'elle a lieu après une « mue intermédiaire », une « mue parturiale » apparaît à nouveau, puis la « mue intermédiaire » correspondante et des « mues normales » lui succèdent.

Nos expériences apportent quelques précisions complémentaires : Dans les conditions exactes décrites précédemment, c'est dès qu'une « mue parturiale » a eu lieu et jusqu'à la « mue intermédiaire » correspondante

([3]) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1086.

(à un jour près), que l'action du facteur déterminant la « mue parturiale » suivante peut être supprimée. Aussitôt que la « mue intermédiaire » a été effectuée et jusqu'à la « mue parturiale » suivante (à un jour près également) l'action de ce facteur n'est plus inhibée par la dose de rayons γ reçue. La ponte correspondant à la « mue parturiale » suivant l'irradiation a lieu; mais le nombre d'œufs est souvent inférieur à la normale. Nous n'avons pu obtenir de jeunes Aselles à partir de ces œufs.

Nos conclusions, en ce qui concerne les observations histologiques, diffèrent de celles d'Haemmerli-Boveri :

La destruction des ovaires par des irradiations totales ne donne pas une preuve complète du fait que l'activité des ovaires détermine l'apparition de la poche incubatrice. Certes, les résultats obtenus sur les Amphipodes (*Orchestia gammarella*) par H. Charniaux (4), qui démontrent l'action de l'ovaire sur les caractères sexuels temporaires nous incitent à penser, par analogie, que la même action peut se produire dans le cas d'*Asellus aquaticus*. Mais il existe dans l'ovaire deux sortes de cellules : les cellules sexuelles et les cellules folliculaires. Les premières, sont nettement atteintes et d'autant plus facilement qu'elles sont à un stade de maturation moins avancé : les noyaux des gros ovocytes prêts à être pondus sont déformés; ceux des ovocytes en cours de vitellogénèse offrent un aspect pycnotique; enfin, les ovocytes jeunes ne présentent jamais les figures de mitose que l'on rencontre chez les témoins. Haemmerli-Boveri pensait qu'un ovaire plein d'œufs à un stade moyen de développement était responsable de la formation de la poche incubatrice. Cet avis ne semble pas exact puisque l'action du facteur déterminant la « mue parturiale » peut être inhibée dès la « mue parturiale » précédente et qu'à ce moment l'ovaire est vide d'ovocytes à un stade moyen de développement; ce n'est pas non plus pendant la période où les ovocytes se divisent car on trouve des ovocytes en cours de division avant la « mue parturiale »; d'ailleurs le rôle sécréteur de ces cellules n'a jamais été mis en évidence jusqu'à présent dans le règne animal. Par contre, après la « mue parturiale », les cellules folliculaires sont nombreuses et semblent se détacher de groupes de cellules initiales dont les deux plus gros amas sont placés près des septième et huitième tergites thoraciques. L'aspect de leurs noyaux, colorés fortement et uniformément, ne favorise pas l'observation de modifications morphologiques; mais leur nombre est moindre chez les exemplaires fixés quelque temps après l'irradiation. Si l'arrêt du développement de l'ovaire empêche l'apparition de la poche incubatrice, c'est probablement au changement d'activité des cellules folliculaires qu'il faut attribuer cette relation.

(4) *Bull. Soc. zool. Fr.*, 78, nos 5-6, p. 337.

BIOLOGIE MARINE. — *Influence du facteur température sur le déterminisme de la composition vertébrale chez* Sardina pilchardus (*Walb.*) *des eaux de Banyuls.* Note de MM. **Mário Ruivo** et **Rui Monteiro**, présentée par M. Louis Fage.

Depuis quelques années des recherches expérimentales, notamment sur des Poissons d'eau douce, ont permis d'étudier l'action de divers facteurs du milieu sur le déterminisme des caractères méristiques. Une révision critique de ce problème a été récemment publiée par Å. V. Tåning (1952) (1). On peut conclure que, chez les espèces envisagées, les caractères méristiques sont l'expression phénotypique des facteurs agissant sur le métabolisme au cours de la période ou des périodes phénocritiques de ces caractères. Ceci est de nature à rendre beaucoup plus complexes les études raciales.

En ce qui concerne la Sardine, la valeur à accorder à la moyenne vertébrale comme index racial est controversée, les auteurs n'étant pas toujours d'accord sur les causes de sa variabilité. L'un de nous (Ruivo, 1950) (2) avait suggéré que la composition vertébrale serait, chez cette espèce, sous la dépendance des conditions hydrologiques (en particulier de la température) dominantes au moment de la ponte.

Étant donné que jusqu'à présent tout travail expérimental sur la Sardine s'est révélé impossible, nous avons pensé que le problème pourrait être élucidé par l'analyse vertébrale des larves ou des alevins provenant de pontes opérées dans des conditions écologiques connues. Cette méthode offre l'avantage de se baser sur un matériel qui peut être considéré comme homogène et dont l'origine peut être précisée.

Ainsi nous avons poursuivi, depuis 1951 [Ruivo et Wirz, 1952 (3) et *inédit*] des recherches qui nous ont permis d'établir que la Sardine de la mer de Banyuls effectue sa ponte dans la zone du plateau continental plus ou moins limité par l'isobathe des 100 m, au Nord de la baie d'Argelès; cette ponte se prolonge de septembre à avril.

La présente Note rend compte des premiers résultats obtenus par l'étude de la composition vertébrale d'une collection d'alevins (taille comprise entre 35 et 55 mm; classes de 5 mm de longueur totale), pêchés dans la baie de Banyuls dans la dernière semaine de Mai 1953 et provenant des pontes faites dans des conditions hydrologiques qui ont été régulièrement contrôlées. Pour les comptages, les alevins ont été colorés par l'alizarine et éclaircis par la potasse glycérinée. Le tableau de la figure 1 résume les valeurs des moyennes vertébrales obtenues et des fluctuations probables respectives.

---

(1) *Biol. Rev.*, 27, 1952, p. 169-193.

(2) *Bol. Soc. Port. Cienc. Nat.*, 2e série, 3, (1), 1950, p. 89-121.

(3) *Vie et Milieu*, 3, (2), 1952, p. 151-189.

On remarque que la moyenne vertébrale augmente de la classe 35 mm (M. v. = 51,78 ± 0,140) aux classes 40 et 45 mm (M. v. = 51,87 ± 0,143 et 51,83 ± 0,159 respectivement) et qu'elle est remarquablement plus basse dans la classe 50 + 55 mm (M. v. = 51,40 ± 0,253); notons que cette dernière pourrait être considérée, du point de vue purement statistique, comme « racialement » distincte des premières classes, interprétation qui, dans le cas présent, serait illogique.

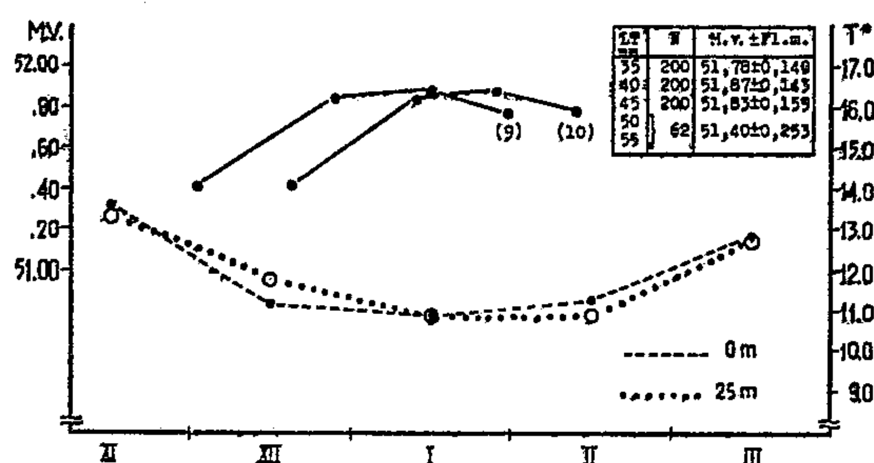


Fig. 1. — Graphique des températures de la mer dans la zone de ponte de la Sardine des eaux de Banyuls (hiver 1952-53) et des moyennes vertébrales des alevins (époque de naissance évaluée considérant la croissance de 9 et 10 mm par mois).

Sur la figure 1 nous avons rapporté les températures de la mer, à la surface et à 25 m (en hiver 1952-1953), dans la zone de ponte et les moyennes vertébrales des classes de tailles étudiées [classes dont l'époque de naissance a été évaluée en considérant une croissance moyenne de 9 et 10 mm par mois, L. Fage, 1913 (4)].

On constate que la moyenne vertébrale la plus basse (classe 50 + 55 mm) correspond aux alevins nés dans les eaux encore relativement chaudes du début Décembre, les plus élevées (classes 40 et 45 mm) correspondant aux eaux froides de Janvier. La classe 35, présentant une moyenne vertébrale à nouveau un peu plus basse, provient d'une ponte vers le début-moitié Février, peut-être en rapport avec le léger réchauffement qui commence à se faire sentir vers cette date.

Il faut signaler qu'au moment de la capture du matériel dont nous nous sommes servis, d'autres alevins de plus grande taille (jusqu'à 70 mm) se trouvaient à la côte, mais pour raison technique nous n'avons pas pu les pêcher. Il est très probable que ces individus, nés de pontes précoces (mois de septembre, octobre, novembre), quand les eaux sont encore très chaudes (plus de 13°,5 et jusqu'à 22° à la surface), présentent des moyennes vertébrales plus basses si le sens de la variation se maintient.

Les moyennes vertébrales caractérisant les nombreux échantillons de

(4) *Arch. Zool. expér. et Gén.*, 52, 1913, p. 305-341.

Sardines de la région de Banyuls que nous avons étudiés depuis 1951 (Ruivo, *inédit*) sont de l'ordre de 51,6, c'est-à-dire représentent des valeurs intermédiaires par rapport aux moyennes extrêmes observées sur les alevins.

Ces faits semblent donc venir à l'appui de l'hypothèse que, chez la Sardine, la composition vertébrale serait fonction des conditions écologiques auxquelles sont soumis les œufs au cours des tout premiers stades du développement, en particulier de la température; les alevins nés de pontes effectuées en eaux froides auront une moyenne vertébrale plus élevée que ceux qui sont nés dans des eaux plus chaudes. Cela permettrait d'interpréter les différences constatées, quant à la moyenne vertébrale, dans les populations de diverses régions (notamment l'augmentation de celle-ci avec la latitude), ainsi que les fluctuations de cette moyenne dans les échantillons de la même région au cours d'une année ou d'années différentes; ces fluctuations traduiraient alors soit des variations du régime hydrologique, soit un recrutement différentiel des alevins.

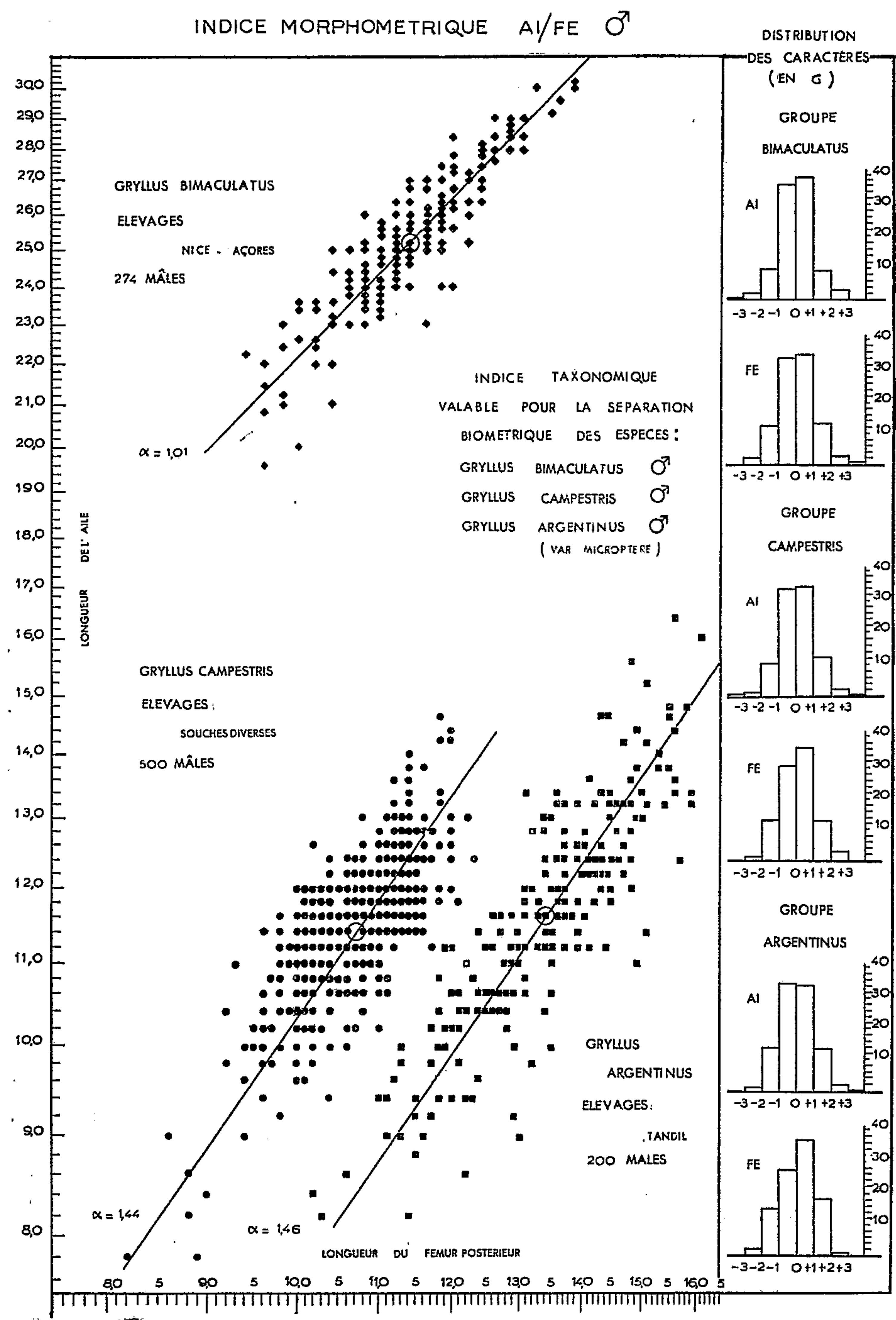
BIOMÉTRIE. — *Sur la diagnose biométrique de trois espèces du genre* Gryllus : G. argentinus *Sauss*, G. bimaculatus *de Geer*, G. campestris *L.* Note (*) de Mlle **Germaine Cousin**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le résultat positif des croisements interspécifiques chez les Gryllides a nécessité une recherche des parentés et des divergences des espèces de ce groupe. Dans ce domaine, seules les estimations quantitatives peuvent apporter quelque clarté sur la discrimination et la sériation des formes. Une étude biométrique définit exactement les normes des caractères, de leurs intercorrélations et les limites extrêmes de leur variabilité. Un rapide examen de ces constantes chez les Gryllides met immédiatement en évidence l'extraordinaire permanence des types structuraux spécifiques.

Tous les caractères des organismes sont contrôlés par un ou plusieurs gènes. Les fonctions des organes, leurs dimensions, normales, mutées ou modifiées par les croisements, sont l'expression phénotypique d'un génotype déterminé. Dans la Nature, les échantillons d'espèces comportent un mélange complexe de génotypes. Associés à des échantillons issus d'élevages ils forment une expression concrète de l'espèce, des « groupes étalon » propres aux déterminations. Dans les élevages, des facteurs particuliers peuvent imposer une sélection parmi ces génotypes, si bien que l'analyse biométrique des hybridations comportera l'étude d'échantillons prélevés dans ces élevages où les génotypes sont plus ou moins stables dans leur milieu expérimental. La documentation initiale implique le calcul de toutes les constantes du groupe qui forment des ensembles numé-

(*) Séance du 8 décembre 1954.

riques plus faciles à interpréter s'ils sont illustrés par des courbes ou des diagrammes comme celui qui représente ici les corrélations entre les



longueurs des ailes et du fémur de la patte postérieure, chez trois espèces de Grillons qui s'hybrident entre elles; les croisements possibles étant :

G. argentinus ♀ × *G. bimaculatus* ♂ (Ar × B; *G. argentinus* ♀ × *G. campestris* ♂ (Ar × C); *G. bimaculatus* ♀ × *G. campestris* ♂ (B × C); et réciproquement pour ces deux dernières espèces hybride (C × B).

La spécificité morphologique est mise en relief par de tels tableaux qui engagent deux à deux les caractères qui divergent le plus en sens opposés d'une espèce à l'autre. Ces valeurs moyennes et leurs comparaisons consignées ci-dessous permettent de déterminer les indices qui opposeront les caractères séparant, au mieux, les trois espèces étudiées.

	Tête.		Pronotum.			Pattes.		Organes du vol.			
♂ *h.*	Th.	Tt.	Pa.	Pp.	Pl.	Fe.	Ti.	El.	Et	Ai.	Σ_7.
	Valeurs moyennes empiriques en millimètres.										
Ar 200	6,49	6,97	6,74	6,59	4,78	13,42	9,87	13,96	6,12	11,62	62,34
C 201	8,10	8,18	7,77	7,18	4,41	10,77	7,58	14,62	6,43	11,61	10,91
B 274	6,20	6,53	6,70	6,97	4,38	11,35	9,04	15,92	6,12	25,28	60,93
	Comparaison des moyennes empiriques des trois espèces (rapports × 100).										
Ar/C	80	85	87	92	108	125	124	95	95	100	102
Ar/B	105	107	101	95	109	118	109	88	100	46	102
C/B	131	125	116	103	101	95	88	92	105	46	100

Ainsi établis avec les mesures individuelles, de tels tableaux constituent une bonne représentation visuelle pour estimer la position d'un individu dans son groupe comme celle d'une espèce par rapport aux espèces voisines.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les anticatalyseurs de l'oxydation de l'acide* L-*ascorbique. L'action inhibitrice de l'acide folique.* Note de M. **Étienne Gero**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'acide folique exerce une action inhibitrice considérable sur l'oxydation de l'acide L-ascorbique. Le radical glutamique et le noyau de la ptéridine sont responsables de cette action à l'exclusion de l'acide para-aminobenzoïque qui est sans influence appréciable.

J. L. Parrot et H. Cotereau (1) ont montré que à pH 8,1 l'acide folique ralentit l'oxydation de l'acide ascorbique à l'air en présence de traces d'ions Cu^{++}. Nous avons étudié ce phénomène dans des conditions légèrement différentes de celles adoptées par ces auteurs.

Nous avons employé la technique décrite dans les Notes précédentes (2) : dosage au 2.6-dichlorophénol-indophénol de l'acide ascorbique présent à des moments successifs de l'oxydation en présence et en l'absence d'acide folique

(1) *J. Physiol.*, 40, 1948, p. 278 A-281 A.

(2) E. Gero, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 397; 236, 1953, p. 541; 238, 1954, p. 959.

et de ces dérivés. La plupart de nos essais ont porté sur des solutions d'acide L-ascorbique $0,5.10^{-3}$ M additionnées d'une quantité équimoléculaire d'inhibiteur et de $1,18.m^{-6}$ M de $CuSO_4$. Nous avons employé un tampon phosphaté Clark et Lubbs.

Nous avons constaté au cours de ces expériences qu'il était indispensable de protéger l'acide folique de la lumière en entourant de papier noir les tubes à essai où s'effectuait l'oxydation. L'action antioxydante était en effet nettement inférieure à la lumière du jour qu'à l'obscurité par suite d'une destruction photochimique de l'acide folique, signalée d'ailleurs par Stokstad et ses collaborateurs (3).

Si cette précaution est prise, l'action inhibitrice de l'acide folique apparaît comme tout à fait considérable. On voit dans la figure 1 (courbe n° 1) qu'au bout d'une heure d'oxydation à pH 8,0, la quantité d'acide ascorbique disparue est de 10 % à peine en présence d'acide folique, alors qu'en son absence (*fig.* 1, courbe n° 5) près de 90 % sont oxydés dans le même laps de temps. Les résultats sont à peu de chose près les mêmes à pH 7,0.

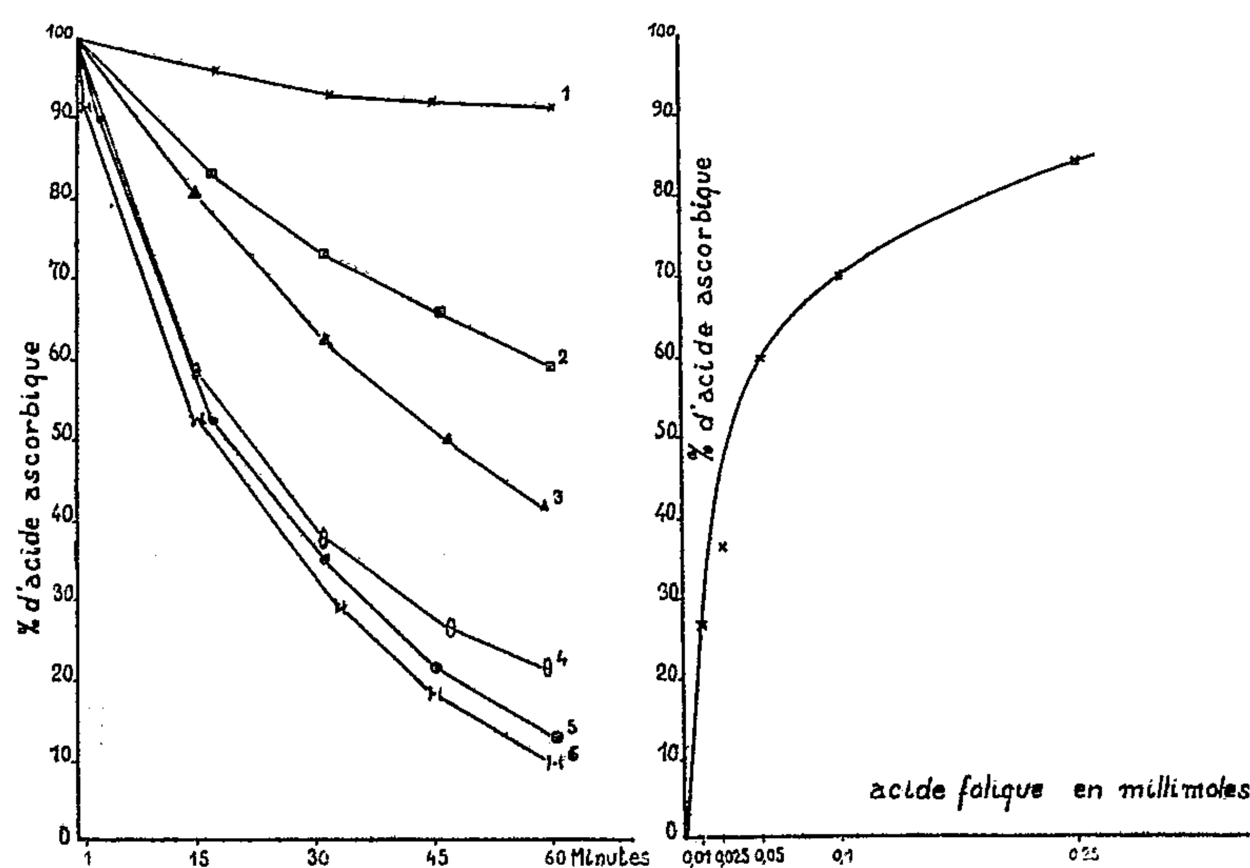


Fig. 1. Fig. 2.

Nous avons tenté de préciser le rôle joué dans ce phénomène par les différentes parties de la molécule d'acide folique (I). Ce corps résulte de la combinaison de trois composés représentés respectivement par les radicaux de l'acide glutamique, de l'acide para-amino-benzoïque et de l'amino-2-hydroxy-4-méthyl-6-ptéridine.

Nous avons étudié successivement l'action de ces divers radicaux sur l'oxydation de l'acide L-ascorbique dans des conditions identiques à celles employées

(3) E. L. R. Stokstad, D. Fordham, A. Grunigen, *J. Biol. Chem.*, 167, 1947, p. 877-878.

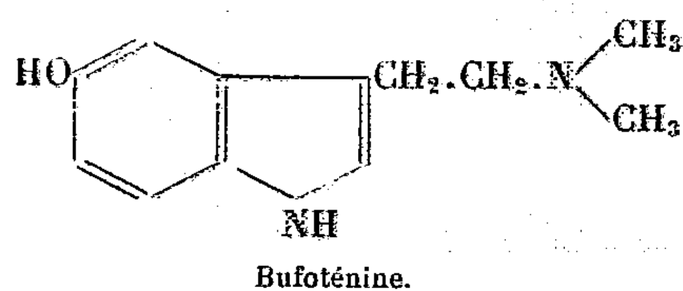
dans le cas de l'acide folique lui-même. La triamino-2.4.5-hydroxy-6-pyrimidine, produit de départ de la synthèse des ptéridines n'a pratiquement pas d'action sur l'oxydation de la vitamine C (*fig.* 1, courbe n° 4). Pour déceler le rôle éventuel du noyau de la ptéridine, nous avons fait la synthèse de l'amino-2-hydroxy-4-ptéridine. Ce composé qui ne diffère du radical ptéridinique de l'acide folique que par l'absence d'un méthyle, s'obtient en condensant la triamino-2.4.5-hydroxy-6-pyrimidine avec le glyoxal. Pour cette préparation nous avons suivi la technique de Mowat et ses collaborateurs ([4]).

Les résultats des essais d'oxydation résumés dans le graphique sont assez significatifs : A concentration équimoléculaire, l'acide glutamique a une action inhibitrice très nette sur l'oxydation de l'acide ascorbique (*fig.* 1, courbe n° 3). Celle de l'amino-2-hydroxy-4-ptéridine est encore plus marquée (*fig.* 1, courbe n° 2). Par contre l'acide para-aminobenzoïque n'a aucune influence (*fig.* 1, courbe n° 6). Ainsi le pouvoir antioxydant de l'acide folique se partage entre le radical de l'acide glutamique et celui de la ptéridine.

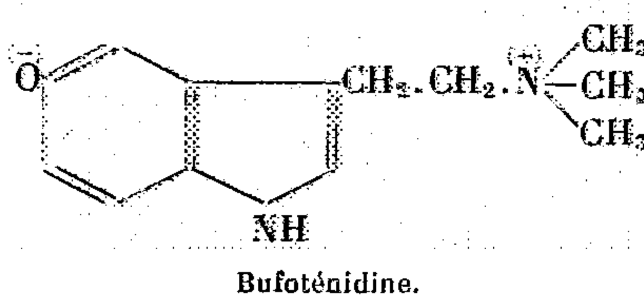
Si l'on considère l'effet de l'acide folique en fonction de sa concentration on voit (*fig.* 2) qu'à pH 7,0, celui-ci est déjà sensible avec une concentration moléculaire de l'ordre de 2.10^{-5} M, c'est-à-dire 50 fois moindre que celle de l'acide ascorbique. C'est là à peu près le rapport des concentrations molaires des deux vitamines dans le foie. Il n'est donc pas exclu *a priori* que l'acide folique puisse avoir une influence sur l'économie de l'acide ascorbique.

PHARMACOLOGIE. — *Influence de la cocaïnisation sur l'action hypertensive et vasoconstrictive rénale de la bufoténidine.* Note de M. Raymond-Hamet, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Base ammonium quaternaire dérivée de la bufoténine découverte par Gabriel Bertrand ([1]) dans le Venin du Crapaud commun, la bufoténidine a été rangée par nous dans le groupe pharmacologique des substances nicotiniques ([2]) dont elle possède, comme nous l'avons montré, deux des



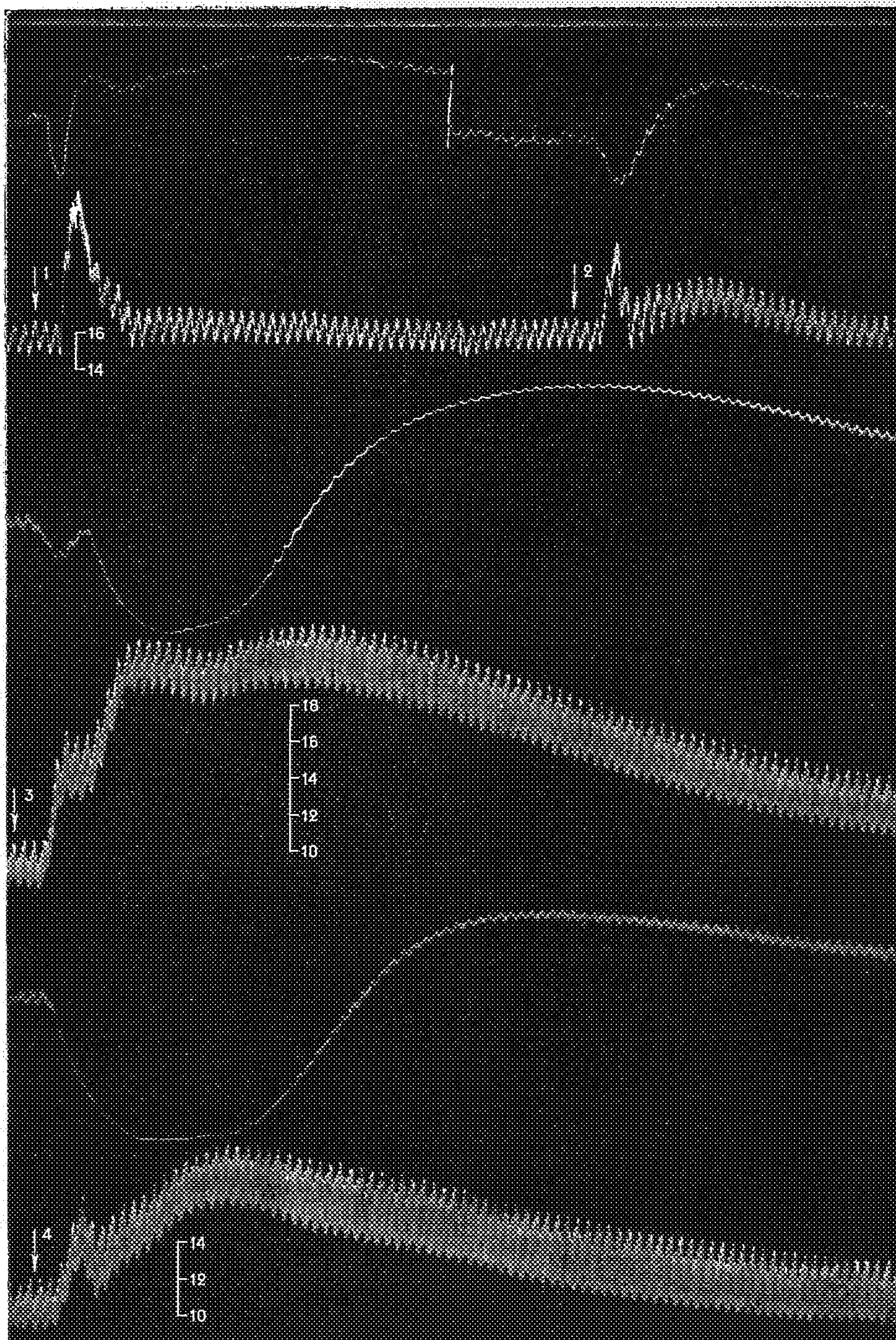
Bufoténine.



Bufoténidine.

([4]) J. H. Mowat et coll., *J. Am. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 14.

([1]) G. Bertrand et C. Phisalix, *C. R. Soc. Biol.*, 54, 1902, p. 932.
([2]) Raymond-Hamet, *C. R. Soc. Biol.*, 137, 1943, p. 74.



Chien de 10 kg, anesthésié par le chloralose (12 cg/kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle — 1re ligne : Temps en secondes; 2e, 4e et 6e lignes : Variations du volume du rein enregistrées au moyen de l'oncographe d'Hallion et Comte par nous modifié; 3e, 5e et 7e lignes : Modifications de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. On a injecté dans la saphène, en 1 et 3, 0,05 mg d'iodhydrate de bufoténidine pure de Wieland en solution dans 0,5 cm² de soluté physiologique de chlorure de sodium, en 2 et 4, 0,01 mg de bitartrate d'adrénaline pure de Hœchst dissous dans 1 cm³ de ce même soluté. Entre 2 et 3 l'animal a reçu sous la peau des flancs une injection de 300 mg de chlorhydrate de cocaïne et a été laissé au repos pendant 20 mn. Tracés réduits de moitié.

propriétés physiologiques; d'une part, elle manifeste, sur la fonction respiratoire, une action biphasique, d'abord fortement excitatrice, puis inhibitrice (²); d'autre part, elle provoque une hypertension qui, comme celle des substances nicotiniques (³), est inversée par la yohimbine (⁴).

Il nous a paru nécessaire de rechercher si la bufoténidine possède d'autres propriétés des substances nicotiniques, et tout d'abord si son action hypertensive est, comme celle de la nicotine (⁵), augmentée par la cocaïnisation. Des essais tous concordants nous ont montré qu'il en est bien ainsi et que, chez les Chiens qui ont été soumis à l'action d'une dose appropriée de cocaïne, on constate un renforcement et une prolongation non seulement de l'hypertension mais encore de la vasoconstriction rénale produite par la bufoténidine.

Le tracé qui est reproduit ici en fournit une preuve décisive. Au début de l'expérience, l'injection de 0,05 mg d'iodhydrate de bufoténidine pure de Wieland avait produit une hypertension maximale de 73 mm de Hg, la pression carotidienne passant de 166 à 239, 172 et 174, et provoqué une vasoconstriction rénale se traduisant par une dépression du tracé oncographique large de 8 mm et profonde de 18 mm.

L'injection de 0,01 mg de bitartrate d'adrénaline avait entraîné alors une hypertension maximale de 41 mm de Hg, la pression passant de 168 à 209, 180 et 190 et une vasoconstriction du rein qui se manifestait par un abaissement de l'oncogramme, d'une longueur de 14 mm et d'une profondeur de 13 mm.

20 mn après que l'animal eût reçu, sous la peau des flancs, une injection de 30 mg de chlorhydrate de cocaïne par kilogramme, l'injection de la même dose de bufoténidine qu'auparavant fut suivie, d'une part, d'une hypertension très prolongée qui atteignit à son point maximal 119 mm de Hg, la pression passant de 106 à 165, 163, 214, 209 et 225, d'autre part, d'une vasoconstriction rénale qui s'exprima par un enfoncement du tracé oncographique large de 77 mm et profond de 33 mm.

L'injection de la même dose d'adrénaline qu'au début de l'expérience provoqua à ce moment une hypertension très durable qui, à son niveau maximal, mesura 74 mm de Hg, la pression passant de 120 à 164, 148 et 194, et une vasoconstriction du rein qui se manifesta par un creux du tracé oncographique d'une largeur de 90 mm et d'une profondeur de 41 mm.

(³) RAYMOND-HAMET, *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1925, p. 1274.

(⁴) RAYMOND-HAMET, *C. R. Soc. Biol.*, 137, 1943, p. 744.

(⁵) J. H. BURN, *Quarterly J. Pharm. Pharmacol.*, 3, 1930, p. 195; D. F. MC GREGOR, *J. Physiology*, 66, 1939, p. 393.

VIROLOGIE. — *Sur quelques propriétés et sur de nouvelles possibilités de culture tissulaire* in vivo *du virus de la fièvre aphteuse.* Note de MM. **J. André Thomas** et **Laurent Cauchy**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le virus aphteux d'embryome au stade précoce peu virulent I_0 immunise le Bovin si la dose est suffisante; injecté sans atténuation, il est susceptible de renforcer l'immunité conférée par une vaccination préalable. Par extension de la méthode antérieurement proposée, la culture du virus aphteux est obtenue chez la Vache sur des implants de peau fœtale de Porc ou de cœur de Bovin adulte.

Les relations entre la virulence et le pouvoir antigénique du virus aphteux posent des problèmes fondamentaux en ce qui concerne la vaccination antiaphteuse. Le maximum de virulence du virus d'aphtes primaires coïncide sensiblement avec le maximum du pouvoir antigénique. Mais des discordances se révèlent entre ces deux propriétés dès que l'on compare leurs stades d'apparition, ou leur dissociation électrophorétique, ou l'atténuation artificielle de la virulence avec préservation de l'antigène. Certaines propriétés du virus sont vraisemblablement liées à des fractions particulaires différentes; or, celles-ci, artificiellement dissociables, pourraient se trouver naturellement séparées par suite de conditions non identiques de synthèse intracellulaire. Deux parties de l'analyse que nous poursuivons sur la culture du virus de la fièvre aphteuse selon notre méthode (1), (2) se rapportent à de tels problèmes.

1° *Le virus aphteux au stade précoce* I_0. — Avec ce virus d'embryome, de titre égal ou peu supérieur à 10^{-1} (10 expériences, virus O_2, A_5, C), nous avons inoculé 23 bovins réceptifs. Le pouvoir pathogène se manifeste par une fièvre aphteuse à évolution classique, avec généralisation dans les délais habituels : le pouvoir pathogène est équivalent à celui d'un virus de titre élevé. Le pouvoir antigénique a été apprécié selon diverses modalités. Le virus pur, au stade I_0 (variante O_2), non atténué, peut être injecté à un bovin à doses croissantes et l'immuniser : une première injection infravirulente (5 mg) permet d'inoculer impunément, 11 jours après, une dose virulente (0,50 g), puis 14 jours après une dose massive (5 g); 6 jours plus tard, l'animal résiste à l'inoculation d'épreuve dans la muqueuse linguale de 50 000 doses infectieuses, alors que le témoin fait une fièvre aphteuse généralisée; de plus, à ce moment, le sérum de l'animal protège 9 cobayes sur 10 contre l'inoculation d'épreuve, alors que les 5 cobayes témoins font une généralisation aphteuse : il est à noter qu'après la deuxième injection de virus, la séroprotection est encore nulle.

---

(1) J. André Thomas, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1186.
(2) J. André Thomas et L. Cauchy, *Comptes rendus*, 239 1953, p. 1557.

Si ce virus est transformé en vaccin sec, mais sans atténuation spéciale, deux injections à 16 jours d'intervalle (0,50, puis 5 g) permettent, de même, l'immunisation de la Vache contre 50 000 doses infectieuses, ainsi que la séroprotection des cobayes; le bovin témoin contracte une fièvre aphteuse généralisée. Par contre, si la dose totale de virus injectée à la Vache est limitée à 0,70 g, il n'y a pas immunisation. Enfin, une injection de 0,50 g de virus au stade I_0, non atténué, peut renforcer l'immunité provoquée par une vaccination préalable (vaccin sec préparé à partir de virus A_5 virulent atténué) : dans ce cas, le pouvoir protecteur du sérum est notablement augmenté.

Conclusions. — *Au stade précoce* I_0, *le virus d'embryome de faible virulence a un pouvoir pathogène certain et un pouvoir antigénique capable de conférer l'immunité au Bovin, si la charge en virus est suffisante. Il est susceptible de renforcer l'immunité développée par une vaccination préalable.*

2° *Les conditions tissulaires de la synthèse du virus.* — C'est sur le principe de l'affinité ectodermotrope du virus aphteux qu'est fondée notre méthode de culture sur embryome épithélial homologue : quelques kilogrammes de pulpe de peau de fœtus de Vache implantés chez le Bovin adulte, s'y développent avec une vitesse étonnante en une masse tissulaire parfaitement organisée. Nous avons recherché si la synthèse du virus était possible dans des implants embryonnaires épithéliaux hétérologues, puis dans des implants adultes homologues non électifs. Nous avons montré que la pulpe de peau de fœtus de Vache est susceptible de végéter pendant quelques jours chez le Porcelet ([3]). Réciproquement, dans des expériences poursuivies au Brésil, l'un de nous avec Celso Rodrigues a constaté que la peau de fœtus de Porc (de 15 à 18 cm, encore glabres), implantée chez le Bovin y constitue un embryome cohérent, sinon réellement organisé : le virus y cultive et peut atteindre le titre de 10^{-6} avec grande rapidité (4 implantations, 9 titrages sur Bovin). Nous nous sommes adressés ensuite à des tissus théoriquement non électifs prélevés aseptiquement au Bovin adulte : les tissus du cœur. Le virus aphteux ne cultive dans le tissu musculaire normal qu'à la faveur de conditions biologiques étroitement limitées (Souris et Rat nouveau-nés). Nous avons repris, en la modifiant, une expérience antérieure dont les conditions n'avaient pas permis la survie des tissus du cœur ([4]). La pulpe cardiaque diluée dans le liquide amniotique de Vache est implantée sous la peau des bovins (2,5 à 5 kg de pulpe et 7,5 à 15 l de liquide amniotique; 4 implantations, 6 titrages sur Bovin). En

([3]) J. André Thomas, L. Cauchy, Ch. Boulignat et J. Farges, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 1214.

([4]) J. André Thomas, C. Boulignat, J. Farges et L. Cauchy, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 758.

couche épaisse, la pulpe cardiaque dégénère aseptiquement par asphyxie; si la couche n'excède pas 2 à 3 cm, les fragments de cœur survivent dans les mailles d'un œdème réactionnel envahi de cellules d'infiltration. Il s'agit essentiellement d'une pseudo-organisation suivie d'une culture du myocarde : dissociation des fibres cardiaques, pullulation périphérique de leurs noyaux, sarcolyse et dédifférenciation, plages de croissance orientée, avec essaimage marginal, parfois sous forme histiocytaire. Or, 3 jours après l'implantation, le virus aphteux inoculé à la langue cultive dans cette masse réactionnelle. Dès le stade IA (virus A_5), le tissu implanté peut atteindre le taux de virulence de 10^{-5} et la sérosité réactionnelle de 10^{-3}. Les bovins de titrage sont atteints d'une fièvre aphteuse dont l'évolution est classique jusqu'à la généralisation podale.

CONCLUSIONS. — *Par cette extension de notre méthode, nous pouvons obtenir aisément une nouvelle source abondante de virus aphteux, dont la synthèse s'effectue vraisemblablement dans les cellules homologues de l'adulte, normalement non électives, mais devenues réceptives par suite des conditions de culture* in vivo *et des transformations qui leur sont imposées.*

VIROLOGIE. — *Action inhibitrice de l'acide succinique sur la multiplication du virus grippal en œuf embryonné.* Note de M. **Bernard Fauconnier**, présentée par M. René Dujarric de la Rivière.

Les études que nous avons poursuivies sur les rapports entre le pH du liquide allantoïque de l'œuf de poule embryonné et la multiplication du virus grippal, nous ont conduit à rechercher l'effet de corps à réaction acide sur le développement du virus dans la cavité allantoïque. En effet, le virus n'est pas capable de se développer lorsqu'il est inoculé dans un liquide allantoïque par nature trop acide (pH inférieur à 5,8) tel qu'il en existe dans des œufs incubés à partir du 13-15ᵉ jour [1]. De plus, l'injection dans ce liquide d'un corps alcalinisant (CO_3Mg par exemple) rend alors possible le développement du virus [2]; le problème consistait donc à rechercher un corps susceptible par injection d'abaisser le pH du liquide allantoïque (normalement voisin de pH 8 pour des œufs embryonnés de 11 jours) à une valeur voisine de pH 6 ou même inférieure, et à suivre l'effet de ce traitement d'une part, sur la survie de l'embryon et, d'autre part, sur la multiplication du virus.

Parmi les nombreux acides que nous avons étudiés, un petit nombre

(1) B. Fauconnier, *Ann. Inst. Pasteur*, 84, 1953, p. 474; 85, 1953, p. 222-230; 86, 1954, p. 710-722.

(2) B. Fauconnier, *Soc. Franç. Microb.*, 7 octobre 1954.

se sont montrés à la fois peu toxiques pour l'embryon et très actifs sur l'abaissement du pH *in ovo*. En ce qui concerne ces deux actions, les acides minéraux en général (acide phosphorique excepté) ont été décevants. Les acides organiques, et, parmi eux surtout, les diacides et les polyacides à fonction simple ou mixte ont donné des résultats plus appréciables. Nous rapportons ici ceux obtenus avec l'un d'eux, l'acide succinique, diacide linéaire dont la formule est : $CO_2H—CH_2—CH_2—CO_2H$.

L'expérimentation a été conduite de la manière suivante : Trois lots d'œufs embryonnés de 11 jours sont inoculés avec 0,1 ml d'une même dilution (10^{-6}) d'une souche de virus A-PR 8 en liquide allantoïque, puis mis à l'étuve à 38° C. Les œufs sont alors traités quatre fois : 1, 18, 24 et 40 h après inoculation. Le premier lot (lot témoin) reçoit 1 ml de solvant (eau physiologique stérile) par œuf à chaque fois. Le second lot reçoit par œuf dans les mêmes conditions 1 ml d'acide succinique à 1 % (soit 4 × 10 = 40 mg). Enfin, le troisième lot reçoit identiquement quatre fois 1 ml d'une solution à 2 % d'acide succinique (soit 4 × 20 = 80 mg).

48 heures après inoculation du virus, c'est-à-dire 8 h après la dernière injection, tous les œufs sont placés à + 4° C pendant 15 h. Les liquides allantoïques de chacun des trois lots sont alors prélevés en trois pools distincts. Le pH, le titre hémagglutinant et le volume total de chaque lot sont ensuite déterminés, ce qui permet de calculer le nombre d'unités hémagglutinantes moyennes par œuf dans chacun des trois lots : U = V.HA/N suivant la méthode décrite par C. Hannoun ([3]) (V = volume total, HA = titre hémagglutinant, N = nombre d'œufs).

		A. S.	
	Témoins.	40 mg.	80 mg.
pH	7,6	6,1	5,4
U	71 992	4 940	83
Titre infectant sur œuf	$10^{-8,3}$	$10^{-6,2}$	$10^{-3,5}$

Les résultats du tableau montrent qu'il existe une différence considérable entre les quantités d'unités hémagglutinantes des lots traités et du lot témoin. Par rapport au lot témoin, le pourcentage des unités hémagglutinantes est respectivement de 6,9 et 0,116 % dans les lots qui ont reçu 40 et 80 mg d'acide.

Étant donnés ces résultats, on peut être amené à supposer que l'acide succinique possède un certain pouvoir d'inhibition de l'hémagglutination *in vitro*, phénomène qui pourrait masquer l'existence d'une certaine quantité de particules de virus, dans les deux lots traités. Ce pouvoir existe

---

([3]) *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 864.

effectivement mais à un faible degré et pour des concentrations très précises.

Mais pour être certain qu'une plus ou moins grande quantité de virus n'est pas masqué par un phénomène de cet ordre, un titrage du pouvoir infectant sur œuf a été pratiqué avec des échantillons des trois lots. Ce titrage, qui permet de déterminer le nombre de particules infectantes réelles dans chaque lot, révèle une différence plus considérable encore. Il y a plus de 100 millions de particules infectantes par millilitre dans le lot témoin, alors qu'il y en a seulement 1 à 5 millions dans le lot 40 mg et 1000 à 5 000 dans le lot 80 mg.

Il faut signaler que la dose de 20 mg est la dose maxima que l'embryon peut supporter en une seule injection. C'est donc l'inhibition maxima que l'on peut espérer avec cette substance. D'autre part, le mécanisme d'action de l'acide succinique n'est pas encore exactement précisé. Un pouvoir virulicide spécial s'ajouterait-il à un effet acidifiant indéniable et suffisant pour inhiber dans de fortes proportions la multiplication du virus *in vivo* ?

Des expériences sont en cours à ce sujet, ainsi que l'étude de divers acides voisins pour savoir s'il en existe de moins toxiques et de plus actifs.

En résumé, la multiplication du virus grippal dans la cavité allantoïque de l'œuf embryonné est inhibée, dans des proportions qui dépassent 99 %, par l'injection, dans cette cavité, de quatre doses de 20 mg d'acide succinique faites à intervalles espacés dans les 40 h qui suivent l'inoculation du virus.

A 16 h 45 l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 55 m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 27 octobre 1954.)

Note présentée le 18 octobre 1954, de M. *Jean Deunff*, Sur un microplancton du Dévonien du Canada recélant des types nouveaux d'Hystrichosphæridés :

Page 1065, dans la légende de la figure, *multiplier les grossissements donnés par le coefficient* 0,815.

(*Comptes rendus* du 22 novembre 1954.)

Note présentée le même jour, de Mlle *Lucie Arvy*, Toxicité des tissus de *Holothuria tubulosa*, de *H. polii* et de *H. impatiens*, pour quelques vertébrés :

Page 1434, 7e, 8e, et 9e lignes, *au lieu de* contiennent un facteur hémolytique puissant, capable de tuer en moins d'une demi-heure tant *in vivo* que *in vitro*..., *lire* contiennent un facteur hémolytique puissant tant *in vivo* que *in vitro* capable de tuer en moins d'une demi-heure....

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1954

(*suite et fin*).

Sur trois rouilles nouvelles pour la France, par Ernst Gäumann, *in Revue de mycologie*. T. XVIII. Fasc. 3, 1953. Paris, Laboratoire de cryptogamie du Muséum national d'histoire naturelle; 1 fasc. 23,5 cm.

Die Artengruppe des Ranunculus montanus Willd in den Alpen und im Jura (Zytologisch-systematische Untersuchungen), von Elias Landolt. *Thèse*. Bern, Buchdruckerei Büchler and C°, 1954; 1 fasc. 23 cm.

Die schweizerischen Arten der Gattungen Clathrospora, Pleospora, Pseudoplea und Pyrenophora, von Emil Müller, in *Sydowia Annales Mycologici*. Ser. II, Vol. V, Heft 3-6, 1951; 1 fasc. 24 cm.

Extraits de *Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft*, 1951. Band 61 : *Zur Entwicklungsgeschichte von Dothidella insculpta* (Wallr.), Theiss. et Syd., von Hans Hess und Emil Müller. 1953, Band 63 : *Über die Familien der Podostemonaceæ und Hydrostachyaceæ in Angola*, von Hans Hess. Bern, Buchdruckerei Büchler and C°, 1951 et 1953; 2 fasc. 23 cm.

Annales Hébert et Haug. Travaux du laboratoire de géologie de la Faculté des sciences de l'Université de Paris. T. VIII. Paris, Laboratoire de géologie, 1954; 1 vol. 25 cm.

Mathematics and Plausible reasoning. Vol. I. *Induction and analogy in mathematics*. Vol. II. *Patterns of plausible inference*, by George Polya. Princeton, University Press, 1954; 2 vol. 24 cm.

Collection de logique mathématique. Série A. VI. *Axiomatique intuitionniste sans négation de la géométrie projective*, par N. Dequoy. Paris, Gauthier-Villars, et Louvain, E. Nauwelaerts, 1955; 1 vol. 25 cm.

Sur des produits de nombres entiers consécutifs. Sphères associées à un tétraèdre. *Sur la géométrie du tétraèdre et questions de géométrie*, par Victor Thébault, in *Mathesis*. T. LXIII, 1954, n°s 6-7-8. Gembloux, Jules Duculot, et Paris, Gauthier-Villars, 1954; 1 fasc. 25 cm.

Mémorial des Sciences physiques. Fasc. LVIII. *Propriétés magnétiques des lames métalliques minces*, par A. Colombani. Paris, Gauthier-Villars, 1954; 1 fasc. 25 cm.

Électricité et optique. La lumière et les théories électrodynamiques. Leçons professées à la Sorbonne en 1888, 1890 et 1899, par Henri Poincaré. Deuxième édition revue et complétée par Jules Blondin et Eugène Neculcéa. Paris, Gauthier-Villars, 1954 (nouveau tirage); 1 vol. 22,5 cm.

Actualités scientifiques et industrielles. 1216. Conservatoire national des Arts et Métiers. XLIV. Mémoires et travaux. *Étude de la propagation de la chaleur en régime variable à travers un mur d'épaisseur finie pour des impulsions quelconques. Application du calcul opérationnel. Utilisation du produit de composition*, par FRANÇOIS TRÈVES. Préface de M. VÉRON. Paris, Hermann et Cie, 1954; 1 fasc. 25,5 cm.

Traité de mécanique rationnelle, par PAUL APPELL. T. V. *Éléments de calcul tensoriel. Applications géométriques et mécaniques*, par RENÉ THIRY. Deuxième édition. Nouveau tirage revu et corrigé. Paris, Gauthier-Villars, 1955; 1 fasc. 25 cm.

Précis de calcul matriciel et de calcul opérationnel, par MAURICE JANET, in Collection *Euclide*. Paris, Presses universitaires de France, 1954 ; 1 vol. 19 cm.

Académie des sciences de l'U. R. S. S. Société botanique de l'U. R. S. S. *Essais de botanique*. Vol. I et II. Moscou, Leningrad, Académie des sciences de l'U. R. S. S., 1954 ; 2 vol. 23 cm.

Travaux du laboratoire de botanique appliquée et de géobotanique armoricaine de la Faculté des sciences de Rennes. Fasc. 3, 1950; fasc. 4, 1951; fasc. 5, 1952; fasc. 6, 1953, par HENRY DES ABBAYES; 4 fasc. 24,5 cm.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE DÉCEMBRE 1954.

Université de Paris. Les conférences du Palais de la Découverte. Série A, nº 198, 1954. *La symétrie dans la nature et les travaux des hommes*, par JACQUES NICOLLE; 1 fasc. 18 cm.

L'aviation des temps modernes, par EDMOND BLANC. Édition entièrement nouvelle. Paris, Librairie Larousse, 1953; 1 vol. 20 cm.

Observations géologiques et hydrologiques dans la Sarthe et l'Orne, par MAURICE AUBERT. Extrait des *Mémoires de la Société linnéenne de Normandie*, nouvelle série. *Géologie*, 3e vol., 1er fasc., 1954, Caen, 1954, 1 fasc. 27,5 cm.

Protectorat de la République française au Maroc. Direction de la production industrielle et des mines. Division des mines et de la géologie. Service géologique. *Notes et mémoires*. Nº 117. *Notes du Service géologique*. T. VII. Rabat, Éditions Félix Moncho, 1953; 1 vol. 25 cm.

Id. nº 103. — *Contribution à l'étude du cambrien inférieur et du précambrien III de l'anti-atlas marocain*, par PIERRE HUPÉ. *Introduction stratigraphique*, par GEORGES CHOUBERT. Bagnolet, Imprimerie L. Goulhot, 1952 ; 1 vol. 24 cm.

Id. nº 115. — *Recherches géologiques et hydrogéologiques dans le bassin lacustre de Fès-Meknès*, par PIERRE TALTASSE. Rabat, Éditions Félix Moncho, 1953; 1 vol. 25 cm.

Mémorial des sciences physiques. Fasc. LIX. *Les aspects modernes de la cryométrie*, par Y. DOUCET. Paris, Gauthier-Villars, 1954; 1 fasc. 25,5 cm.

Physikertagung Innsbruck, 1953, von H. AUER, E. BRÜCHE, R. STEINMAURER. Mosbach-Baden, Physik Verlag, 1954 ; 1 vol. 23,5 cm.

Srpska Akademija Nauka. *Opsta I Specijalna patoloska anatomija*. Sveska III. *Tumori*. I. *Deo : Opsta patoloska anatomija tumora*. II. *Deo : Specijalna pataloska anatomija tumora*, par K. SAHOVIC. Beograd, 1954; 2 vol. 24,5 cm.

Carte géologique du Maroc, à l'échelle de 1/100 000e. *Oued Zem*, 1952, par H. SALVAN, E. BOLELLI, G. SUTER et W. VAN LECKWIJCK, ; 1 planche 100 × 65 cm.

Carte géologique de la Meseta entre Settat et Mazagan (*Doukkala et Chaouïa occidentale*), à l'échelle de 1/200 000e, par M. GIGOUT; 1 planche 93 × 60 cm.

Elementos de la Teoria de funciones, por J. REY PASTOR. Tercera edicion Madrid. Ibero Americana, 1953; 1 vol. 25,5 cm.

Traité de Zoologie. Anatomie. Systématique. Biologie, publié sous la direction de Pierre-P. Grassé. T. XII. *Vertébrés. Généralités. Embryologie topographique. Anatomie comparée.* Paris, Masson, 1954; 1 vol. 25 cm.

Geological Map of East Africa, à l'échelle de 1/200 000e prepared on behalf of the INTER-TERRITORIAL GEOLOGICAL CONFERENCE, 1952; 1 planche 75 × 105 cm.

FIN DU TOME DEUX-CENT-TRENTE-NEUVIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1954.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 239.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Y

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

H

J

M

N

O

P

S

U



TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

X

Y

Z



GAUTHIER-VILLARS,
ÉDITEUR-IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.

14874-56.